

- блемы пожарной безопасности. Сб. научн. тр. Вып.17. – Харьков: УГЗУ, 2005. – С. 157-163.
13. Прохач Э.Е., Михальская Л.Л. Моделирование процессов горения пестицидов при пожаре // Проблемы пожарной безопасности. Сб. научн. тр. Вып.22. – Харьков: УГЗУ, 2007. – С. 149-153.
14. Михальська Л.Л., Прохач Е.Ю., Пижинський Я.І. Використання військових агрегатів нейтралізації для знешкодження непридатних пестицидів // Экология и промышленность. – 2007. - №4. – С. 60-63.

УДК 614.8

*Рудаков С.В., канд. техн. наук, доц., УЦЗУ,
Герасимов С.В., канд. техн. наук, ст. наук. співр. НЦ ПС ХУПС,
Подорожняк А.О., канд. техн. наук, ст. наук. співр. НЦ ПС ХУПС*

ОБГРУНТУВАННЯ МОЖЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БОЄПРИПАСІВ І ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ РЕЧОВИН ПРИ ЇХ ЗБЕРІГАННІ

(представлено д-ром техн. наук Прохачем Е.Ю.)

В статті отримані нерівності, які дозволяють визначити доцільність проведення контролю технічного стану боеприпасів та вибухонебезпечних речовин при їх зберіганні

Постановка проблеми. Проблеми зберігання запасів боеприпасів і вибухонебезпечних речовин (БВР) є надзвичайно актуальними у контексті безпеки не лише України, але й європейського регіону загалом. Така актуальність зумовлена наявністю реальних загроз, що походять від запасів БВР, нагромаджених в Україні за радянських часів та, зокрема, під час виведення радянських військ з території держав-учасниць колишнього Варшавського договору. Обсяги запасів БВР набагато перевищують максимально допустимі норми завантаження об'єктів на яких вони зосереджені, що створює додаткові ризики виникнення надзвичайних ситуацій [1].

Вибухи в Артемівську (жовтень 2003 р.), Новобогданівці (травень 2004 р.) та Цвятохі (травень 2005 р.) довели неприпустимість

подальшого зволікання з вирішення проблем надійного зберігання БВР на арсеналах, базах та складах.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Для підтримки БВР в технічно справному стані розробляються і продовжують удосконалюватися методи і засоби їх зберігання, захисту від корозії [1-4]. Завдяки цьому мається можливість утримати вироби на зберіганні досить тривалий час без значного зниження значень їхніх технічних показників. Однак при цьому потрібні значні матеріальні та трудові ресурси. Відсутність необхідних коштів призводить до виникнення нештатних ситуацій на об'єктах зберігання БВР. Однак у сучасних публікаціях відсутні методики проведення контролю технічного стану боеприпасів і вибухонебезпечних речовин при їх зберіганні.

Тому, **метою статті** є розробка пропозицій, щодо доцільності проведення контролю технічного стану БВР при зберіганні та підтримання їх в працездатному (боеготовому) стані.

Постановка завдання та його вирішення. Одними з головних серед комплексу організаційних і технічних заходів, спрямованих на якісну підготовку та утримання БВР при зберіганні, є контроль їх технічного стану і обслуговування в процесі зберігання у встановлений термін.

Основне завдання проведення контролю технічного стану БВР – підвищення вірогідності того, що вони знаходяться в справному стані та спроможні виконати поставлене бойове завдання, тобто ймовірність їх справного стану після проведення контролю повинна бути більше, ніж до нього. Побудова та аналіз математичної моделі експлуатації зразка ракети чи боеприпасу, який розглядається, дозволяє визначити ймовірність його знаходження в кожному з можливих станів, наприклад, у справному стані експлуатації або в стані експлуатації зі схованою відмовою [5]. Тоді без проведення контролю технічного стану при зберіганні ймовірність того, що зразок буде справний, відповідає ймовірності P_c знаходження його в справному стані для моделі експлуатації.

Ймовірність справного стану зразка БВР після проведення контролю технічного стану P_c^k визначимо, використовуючи математичну модель “зразок – засіб контролю” [5]

$$P_c^k = P_c [K_{зк} P_{зк} P_k + (1 - K_{зк} P_{зк} P_k) P_v] + (1 - P_c) P_v, \quad (1)$$

де $K_{зк}$ – нормувальний коефіцієнт, що характеризує метрологічну справність засобу контролю, $K_{зк} = 0,6 \div 0,8$ [6]; $P_{зк}$ – ймовірність справного стану засобу контролю; P_{κ} – ймовірність справного стану зразка БВР при проведенні контролю; P_{ϵ} – ймовірність відновлення несправного зразка БВР(шляхом проведення регулювальних робіт або ремонту), P_c – ймовірність того, що зразок знаходиться в справному стані.

З урахуванням виразу (1), введемо показник ефективності проведення контролю K_{κ} у вигляді відношення

$$K_{\kappa} = \frac{P_c^{\kappa}}{P_c} = \frac{P_c [K_{зк} P_{зк} P_{\kappa} + (1 - K_{зк} P_{зк} P_{\kappa}) P_{\epsilon}] + (1 - P_c) P_{\epsilon}}{P_c}. \quad (2)$$

З виразу (2) видно, що при $K_{\kappa} > 1$ проведення контролю підвищує вірогідність справного стану зразка БВР при зберіганні та його параметри обрані правильно. При $K_{\kappa} < 1$ проведення контролю не підвищує вірогідність справного стану зразка БВР і збільшує матеріальні та часові витрати на його проведення. Тому необхідно змінити вимоги до системи зберігання та технічного обслуговування, наприклад, застосувати більш точні методи вимірювань або засоби контролю, оптимізувати періодичність проведення перевірки технічного стану засобів контролю з метою підвищення їх метрологічної надійності, використовувати більш ефективні методи при проведенні відновлення несправних зразків.

Відмова від проведення контролю технічного стану БВР під час зберігання може привести до того, що на зберігання буде направлений несправний зразок, а отже, може бути нанесений певний матеріальний збиток C^- від виникнення нештатних ситуацій. З іншого боку, відмова від проведення контролю зменшує вартість зберігання, а, значить, і експлуатації БВР на величину, що визначається витратами C_{κ} на проведення їх контролю. Введемо коефіцієнт економічної ефективності проведення контролю $K_e = C_e^{\kappa} / C_e$, де C_e^{κ} , C_e – складові коефіцієнту економічної ефективності при проведенні контролю під час зберігання БВР і без його проведення відповідно.

Тоді коефіцієнт економічної ефективності проведення контролю запишемо як $K_e = C_e^{\kappa} / C_e > 1$, де при $K_e > 1$ економічний ефект

від застосування справного зразка БВР за призначенням більше витрат на проведення контролю і його проведення економічно доцільне. Якщо $K_e < 1$, то необхідно переглянути економічні вимоги до організації експлуатації.

Економічний ефект від застосування зразка БВР за призначенням C_{ef} може бути визначений згідно виразу

$$C_{ef} = K_p C^+ - (1 - K_p) C^- - C_p, \quad (3)$$

де C^+ – величина, що визначає економічний ефект (користь), як результат застосування зразка за призначенням; C_p – величина, що визначає витрати на експлуатацію БВР; K_p – чисельний коефіцієнт, що враховує факт виконання БВР поставленого завдання й залежить від параметрів експлуатації.

Розглянемо граничні умови для виразу (3). При $K_p = 1$ вони приймають вигляд: $C_{ef} = C^+ - C_p$, тобто при виконанні зразком БВР поставленого завдання (після зняття зі зберігання) функція економічного ефекту представляє матеріальний прибуток від його застосування за призначенням, крім витрат на експлуатацію. При $K_p = 0$ формула (3) перетвориться до виду $C_{ef} = -C^- - C_p$, де знак “–” показує, що при невиконанні зразком БВР поставленого завдання, збиток складе величину матеріальних втрат, пов'язаних з невиконанням зразком поставленого завдання, і витрат на його експлуатацію.

Визначимо значення коефіцієнта K_p при проведенні контролю – K_p^k і без його проведення – K_p , використовуючи [6]

$$K_p^k = P_c K_n K_\phi; \quad (4)$$

$$K_p = P_c K_n K_\phi, \quad (5)$$

де K_n, K_ϕ – чисельні коефіцієнти, що визначають відповідно рівень кваліфікації обслуговуючого персоналу й рівень впливу зовнішніх факторів на застосування зразка за призначенням (зміню-

ються в діапазоні від 0 до 1 і визначаються на підставі дослідних даних або методом експертних оцінок).

Витрати на експлуатацію зразка БВР пропонується визначати як сумарні витрати на його перебування в станах моделі експлуатації й на переходи між ними та розраховувати за допомогою виразу [7]

$$C_p = \sum_{i=1}^N C_i P_i(\chi) + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N C_{ij} P_i P_{ij}(\chi), \quad (6)$$

де C_i, C_{ij} – грошові витрати на експлуатацію зразка відповідно при перебуванні його в i -ому стані, $i = \overline{1, N}$, і при переході з i -го стану в j -й стан, $j = \overline{1, N}$; N – число станів розглянутої моделі експлуатації зразка; χ – вектор параметрів експлуатації зразка (наприклад, періодичність проведення контролю, напрацювання на відмову); $P_i(\chi)$ – імовірність перебування зразка в i -ому стані; $P_{ij}(\chi)$ – імовірність переходів зразка із i -го стану в j -й стан.

Ймовірності $P_i(\chi), P_{ij}(\chi)$ жорстко пов'язані з вектором параметрів χ , тому отримана функція C_p (6) залежить від параметрів процесу експлуатації зразка, у тому числі й від параметрів контролю (наприклад, чим менше періодичність проведення операцій контролю, тим більше витрати на його обслуговування тощо).

З урахуванням виразів (3 – 5) функції економічного ефекту C_e^k, C_e при проведенні контролю та без нього запишемо відповідно у вигляді

$$C_e^k = P_c^k K_n K_\phi C^+ - (1 - P_c^k K_n K_\phi) C^- - (C_p + C_k);$$

$$C_e = K_p C^+ - (1 - K_p) C^- - C_p = P_c K_n K_\phi C^+ - (1 - P_c K_n K_\phi) C^- - C_p.$$

Підставивши ці співвідношення у формулу K_e , маємо

$$K_e = \frac{P_c^k K_n K_\phi C^+ - (1 - P_c^k K_n K_\phi) C^- - (C_p + C_k)}{P_c K_n K_\phi C^+ - (1 - P_c K_n K_\phi) C^- - C_p}. \quad (7)$$

Спростивши цю формулу й використовуючи вираз (2), одержимо умову для визначення доцільності проведення контролю технічного стану БВР під час зберігання

$$\frac{C^+ + C^-}{C_c} > \frac{1}{(P_c^k - P_c)K_n K_\phi}.$$

У зв'язку з тим, що ймовірності P_c^k , P_c та значення коефіцієнтів K_n , K_ϕ можуть приймати значення в діапазоні $[0,1]$, отримуємо

$$\left(C^+ + C^- \right) / C_c > 1. \quad (8)$$

Проаналізувавши (8) можна зробити висновок, щодо економічної доцільності проведення контролю технічного стану БВР під час зберігання.

Висновок. Отримані в статті нерівності дозволяють визначити доцільність проведення контролю технічного стану боеприпасів та вибухонебезпечних речовин при їх зберіганні.

Проведення контролю технічного стану БВР під час зберігання доцільно тоді, коли економічний ефект від застосування їх за призначенням після зняття зі зберігання та витрати, що можуть бути спричинені нештатною ситуацією від несправного зразка БВР, більше витрат на проведення контролю. У цьому випадку проведення контролю технічного стану економічно доцільно, у протилежному випадку дані зразки БВР зберігати недоцільно.

ЛІТЕРАТУРА

1. Затинайко О.І. Реформування Збройних Сил України в контексті глобальних викликів та інтеграції до євроатлантичної співдружності // Наука і оборона. – 2003. – № 4. – С. 3 – 6.
2. Руководство по хранению ракетно-артиллерийского вооружения и имущества на арсеналах, центральных и окружных базах и складах. – Київ, Варта, 1995. – 165 с.
3. Програма забезпечення живучості та вибухопожежобезпеки арсеналів, баз та складів озброєння, ракет і боеприпасів Збройних

-
- Сил України на 1995-2015 роки // Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 28.06.95 № 472 (зі змінами від 25.10.99 № 2153).
4. Інструкція про організацію обліку, зберігання і видачі стрілецької зброї та боеприпасів у Збройних Силах України // Затверджено наказом Міністра оборони України від 29.06.2005 № 359.
 5. Яковлев М.Ю., Герасимов С.В., Стадник В.В. Обобщенная математическая модель системы “контрольно-проверочное оборудование – сложный технический комплекс” // Труды 5-го Международного молодежного форума “Радиоэлектроника и молодежь в 21 веке”. – Харьков: ХГТУРЭ, 2001. – Ч.1. – С. 446 – 447.
 6. Герасимов С.В., Стадник В.В., Яковлев М.Ю. Методика оценки точности измерений при измерительном контроле параметров сложных технических комплексов // Національна академія наук України. Інститут проблем моделювання в енергетиці. Зб. наук. пр. – К.: ІПМЕ НАНУ. – 2004. – Вип. 26. – С. 30 – 35.
 7. Пискачев А.И., Герасимов С.В. Методика определения оптимальной периодичности проведения метрологического обслуживания сложного технического комплекса // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2005. – № 6. – С. 13 – 17.