УДК 624.012.45:623.1:620.193

А. В. Колесник, О. О. Дубенчак

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ ЗАХИСНИХ СПОРУД ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

Анотація. *Розглянуто інженерні підходи до забезпечення надійності та довговічності захисних споруд, призначених для зберігання озброєння і військової техніки. Систематизовано чинники деградації будівельних конструкцій, обґрунтовано необхідність оцінювання їхнього технічного стану протягом життєвого циклу та запропоновано комплекс заходів щодо підвищення експлуатаційної придатності. Особливу увагу приділено захисту залізобетону від корозії, водопроникності, температурно-вологісних впливів, а також контролю інженерних систем. Дослідження має оглядово-аналітичний характер і не містить даних про конкретні військові об'єкти.*

Ключові слова: *захисні споруди, надійність, довговічність, залізобетон, корозія, технічне обстеження, військова інфраструктура.*

Abstract. *The paper considers engineering approaches to ensuring the reliability and durability of protective facilities used for storing weapons and military equipment. The principal deterioration mechanisms of building structures are systematized, and the need for life-cycle condition assessment is substantiated. An integrated set of measures is proposed to improve serviceability, including corrosion prevention, moisture control, structural inspection and maintenance of building services. The study is analytical and does not disclose information about specific military facilities.*

Keywords: *protective facilities, reliability, durability, reinforced concrete, corrosion, structural inspection, military infrastructure.*

Вступ

Надійність будівель і споруд, які забезпечують збереження матеріально-технічних засобів, є складовою стійкого функціонування інфраструктури. Для споруд, що використовуються для зберігання озброєння та військової техніки, значення мають не лише несуча здатність конструкцій, але й стабільність температурно-вологісного режиму, захист від проникнення води, пожежна безпека та можливість своєчасного технічного обслуговування. Втрата експлуатаційних властивостей огороджувальних конструкцій може спричиняти пошкодження обладнання навіть за відсутності руйнування несучої системи.

Актуальність теми зумовлена тривалими строками експлуатації існуючого фонду будівель, нерівномірністю його технічного стану та необхідністю раціонального використання ресурсів на ремонт і модернізацію. Основні чинники, що впливають на довговічність захисних споруд, і сформувати інженерно обґрунтовані напрями підвищення їхньої надійності. Застосовано аналіз наукової літератури, систематизацію механізмів пошкодження та порівняння підходів до експлуатаційного контролю [1– 4].

Основна частина

Надійність будівельної споруди розглядають як здатність виконувати встановлені функції протягом заданого часу за визначених умов. Вона охоплює безпеку, експлуатаційну придатність і збереження характеристик конструкцій. Довговічність характеризує здатність протистояти поступовому погіршенню властивостей матеріалів і елементів під впливом навколишнього середовища та експлуатаційних чинників. У практиці проєктування ці властивості не можна оцінювати виключно за початковою міцністю матеріалу [1; 2].

Для споруд, які використовують як приміщення зберігання техніки, доцільно розрізняти конструктивну надійність, функціональну придатність огороджувальних елементів і надійність інженерного забезпечення. Навіть за достатньої несучої здатності перекриттів і стін порушення

гідроізоляції, несправність вентиляції або тривале зволоження здатні погіршити умови зберігання. Тому оцінювання має бути комплексним і включати як будівельні конструкції, так і експлуатаційне середовище.

Для залізобетонних елементів суттєвими механізмами деградації є карбонізація бетону, проникнення хлоридів, корозія арматури, циклічне заморожування та відтавання, а також розвиток тріщин. Корозія арматури може супроводжуватися збільшенням об’єму продуктів корозії, відшаруванням захисного шару бетону та зменшенням ефективного перерізу сталі. На швидкість цих процесів впливають проникність бетону, товщина захисного шару, умови зволоження й якість виконання робіт [3; 4].

Для сталевих конструкцій характерними є атмосферна корозія, локальні пошкодження захисних покриттів і погіршення стану з’єднань. У кладці та збірних конструкціях уваги потребують стики, деформаційні шви та місця проникнення вологи. Нерівномірні осідання основи можуть спричиняти тріщиноутворення, порушення герметичності й перерозподіл зусиль. Виявлені дефекти слід оцінювати за їхньою причиною, розвитком у часі та впливом на функцію елемента, а не лише за зовнішніми ознаками.

На етапі проєктування важливо обирати матеріали з урахуванням класу впливу середовища, передбачати достатній захисний шар бетону, обмежувати тріщиноутворення та забезпечувати водовідведення. Підвищення щільності бетону завдяки належному складу суміші, технології ущільнення та догляду знижує швидкість проникнення агресивних агентів. Водночас застосування лише бетону підвищеної міцності не гарантує довговічності за порушення технології виконання швів і гідроізоляції [1; 3].

У реконструкції доцільно використовувати ремонтні системи, сумісні з основним матеріалом за деформативністю, паропроникністю та умовами зчеплення. Вибір антикорозійного захисту металу, відновлення захисного шару бетону та герметизація стиків повинні ґрунтуватися на результатах обстеження. Надмірно жорсткі або непроникні ремонтні шари без оцінки вологообміну можуть призвести до накопичення вологи в суміжних ділянках.

Стабільні умови зберігання технічних засобів залежать від узгодженої роботи огороджувальних конструкцій, вентиляції, опалення, водовідведення та систем контролю. Надмірна відносна вологість і випадіння конденсату на холодних поверхнях прискорюють корозійні процеси. Тому теплотехнічна оцінка огороджень, усунення містків холоду та контроль повітрообміну мають розглядатися як складові збереження експлуатаційних властивостей об’єкта.

Інженерні рішення слід приймати відповідно до призначення приміщень, чинних норм безпеки та вимог виробників обладнання, що зберігається. Періодичне перевіряння стану покрівлі, водостоків, вентиляційних каналів і засобів виявлення протікань дає змогу попереджати накопичення прихованих дефектів. Енергоефективність таких систем є важливою, однак не повинна досягатися шляхом погіршення необхідних умов зберігання.

Підхід до управління довговічністю передбачає послідовність: початкове обстеження, фіксація дефектів, визначення їхніх причин, оцінювання ризиків, вибір ремонтних заходів та контроль результату. Інструментальні методи можуть включати вимірювання ширини розкриття тріщин, вологості матеріалів, захисного шару бетону, геометричних відхилень і характеристик міцності. Перелік досліджень визначається станом споруди та компетентним фахівцем; результати окремого неруйнівного методу не слід без перевірки вважати достатніми для висновку про несучу здатність.

Міжнародний підхід до планування строку служби споруд ґрунтується на врахуванні характеристик матеріалів, умов впливу, якості виконання та системи технічного обслуговування [2; 5]. Для практичного застосування доцільно формувати паспорт технічного стану з датами оглядів, схемами виявлених дефектів, переліком виконаних ремонтів і результатами повторних перевірок. Це дозволяє переходити від реагування на аварійні прояви до планово-попереджувального утримання.

За обмежених ресурсів пріоритет ремонтних заходів варто визначати за поєднанням імовірності подальшого пошкодження, тяжкості його наслідків та можливості раннього виявлення.

Першочерговими є усунення активних протікань, небезпечних деформацій, корозійних осередків і дефектів, що впливають на безпеку людей. Далі виконують відновлення огороджувальних властивостей, локальне підсилення за результатами розрахунків та модернізацію інженерних систем.

Ефективність запропонованих рішень можна оцінювати за зменшенням кількості повторних дефектів, стабілізацією вологості, скороченням позапланових ремонтів та відповідністю технічного стану встановленим вимогам. Економічне порівняння варіантів повинно враховувати не лише початкові витрати, але й витрати на огляди, ремонт, експлуатацію та утилізацію протягом розрахункового строку служби [5; 6].

Висновки

Надійність захисних споруд для збереження озброєння і військової техніки визначається сукупністю несучої здатності конструкцій, їхньої стійкості до впливів середовища та працездатності інженерних систем. Довговічність необхідно забезпечувати на всіх етапах життєвого циклу — від вибору матеріалів і конструктивних рішень до обстежень, ремонту та планового утримання.

Найбільш універсальними напрямами підвищення експлуатаційної надійності є контроль зволоження, протикорозійний захист, своєчасне усунення тріщин і дефектів стиків, регулярний технічний моніторинг та документування змін стану. Запропонований комплекс заходів є загальноінженерним; для конкретної споруди він потребує уточнення за результатами обстеження, розрахунків і вимог чинних нормативних документів.

Список використаних джерел:

1. ISO 13823:2008. General principles on the design of structures for durability. Geneva: International Organization for Standardization, 2008.

2.Колесник А.В., Дубенчак О.О. Оцінка надійності конструкцій протирадіаційних укриттів та шляхи їх модернізації/ Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2026)», м. Вінниця, 22-26 червня 2026 р.: https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2026/paper/view/30199

3. Neville A. M. Properties of Concrete. 5th ed. Harlow: Pearson Education, 2011.

4. Broomfield J. P. Corrosion of Steel in Concrete: Understanding, Investigation and Repair. 2nd ed. London: Taylor & Francis, 2007.

5. ISO 15686-1:2011. Buildings and constructed assets — Service life planning — Part 1: General principles and framework. Geneva: ISO, 2011.

6. Mehta P. K., Monteiro P. J. M. Concrete: Microstructure, Properties, and Materials. 4th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2014.

7. EN 1992-1-1:2004. Eurocode 2: Design of concrete structures — Part 1-1: General rules and rules for buildings. Brussels: CEN, 2004.

Колесник Андрій Вікторович – викладач військової кафедри, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна; e-mail: andrey.enginer@gmail.com.

Дубенчак Оксана Олександрівна – студентка групи 3Б-25б Вінницького національного технічного університету, e-mail:oksanadybenchak@gmail.com

Kolesnyk Andrii – Lecturer at the Military Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine; e-mail: andrey.enginer@gmail.com.

Dubenchak Oksana – student in group 3B-25b at Vinnytsia National Technical University, e-mail: oksanadybenchak@gmail.com