

Колесник А. В.

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ПРОЕКТУВАННЯ БЕТОННИХ УКРИТТІВ ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Анотація. Розглянуто новітні методики проектування бетонних укриттів подвійного призначення для захисту цивільного населення та військових об'єктів. Проаналізовано сучасні стандарти міцності, стійкості до динамічних навантажень і вимоги до життєзабезпечення. Описано конструктивні, архітектурні та технологічні рішення, що забезпечують ефективне поєднання функцій цивільного використання та захисних властивостей у кризових умовах. Наведено приклади впровадження таких об'єктів у практику містобудування та оборонного будівництва.

Ключові слова: бетонні укриття, цивільний захист, фортифікація, проектування, подвійне призначення.

Abstracts. The latest methods for designing dual-purpose concrete shelters for the protection of civilians and military facilities are considered. Modern standards of strength, resistance to dynamic loads and life support requirements are analysed. The structural, architectural and technological solutions that ensure an effective combination of civil use and protective properties in crisis conditions are described. Examples of the implementation of such facilities in urban planning and defence construction are given.

Keywords: concrete shelters, civil defence, fortification, design, dual purpose.

Вступ

В умовах зростання техногенних і воєнних загроз особливого значення набуває створення укриттів подвійного призначення, здатних виконувати як повсякденні цивільні функції, так і завдання цивільного захисту у разі надзвичайних ситуацій. Сучасні підходи до проектування таких об'єктів базуються на інтеграції інженерно-будівельних, архітектурних і оборонно-технічних рішень[1].

Основна частина

Проектування бетонних укриттів подвійного призначення здійснюється відповідно до чинних будівельних норм України (ДБН В.2.2-5:2023, ДБН В.1.2-14:2018, ДСТУ Б В.2.7-43:2021) та міжнародних рекомендацій щодо захисних споруд. Вимоги до стійкості, міцності та герметичності визначаються класом захисту та передбачуваними навантаженнями. Особлива увага приділяється енергоефективності, вентиляції, акустичній ізоляції, а також забезпеченню умов комфортного перебування людей у мирний час [2,3].

Основним матеріалом є залізобетон, що забезпечує високу несучу здатність і довговічність [4]. Для підвищення стійкості до вибухових та ударних навантажень застосовують фібробетони, армування високоміцною арматурою, а також багат шарові конструкції із внутрішніми амортизувальними прошарками.

Фібробетон — це композиційний матеріал, армований короткими волокнами (сталевими, базальтовими, полімерними або скляними), рівномірно розподіленими в об'ємі. Таке мікроармування підвищує:

- ударну в'язкість і енергоємність;
- стійкість до розповсюдження тріщин;
- адгезію між цементною матрицею та заповнювачами.

Дослідження показують, що використання сталевих фібри збільшує граничну міцність бетону при динамічних навантаженнях на 25–40 %, а залишкову деформаційну здатність — у 2–3 рази.

Високоміцна арматура класів A1000–A1200 дозволяє значно підвищити граничну напругу, при якій відбувається руйнування елемента. Така арматура характеризується підвищеним модулем пружності та стійкістю до повторних динамічних впливів.

Застосування попередньо напружених елементів дає змогу створювати системи, здатні поглинати частину енергії вибуху за рахунок пружних деформацій, що особливо актуально для перекриттів і купольних споруд укриттів [5].

Одним із найефективніших рішень є використання багатошарових систем, у яких між основними шарами бетону розміщуються амортизувальні прошарки з полімерних або еластомерних матеріалів. Такі прошарки виконують функцію енергопоглинаючих елементів, що зменшують пікові напруження, розсіюють енергію вибуху та знижують ризик утворення тріщин. Випробування показали, що введення шару товщиною 10–20 мм із матеріалу типу поліуретану або ПВХ-піни зменшує передану енергію удару на 30–50 %.

Максимальний ефект досягається при поєднанні фібробетону, високоміцного армування і багатошарової структури. Такі системи забезпечують:

- підвищену пластичність і енергоємність;
- зменшення ризику крихкого руйнування;
- довговічність і тріщиностійкість при багаторазових динамічних впливах.

Додатково застосовуються зовнішні армувальні обгортки з вуглепластика (CFRP), що значно підвищують несучу здатність без істотного збільшення маси конструкції.

Фундаменти та несучі стіни виконуються з урахуванням нерівномірних осідань і гідроізоляційних вимог.

Сучасна концепція передбачає універсальність простору: укриття можуть функціонувати як підземні паркінги, складські або технічні приміщення у мирний час і швидко трансформуватись у захисні об'єкти при надзвичайних ситуаціях. В архітектурному аспекті важливо забезпечити ефективні евакуаційні виходи, системи вентиляції, резервне освітлення, автономне водопостачання та санітарно-технічні вузли [6,7].

Для оптимізації процесів проектування активно використовуються BIM-технології, що дозволяють моделювати конструктивні елементи з урахуванням навантажень, мікроклімату та сценаріїв експлуатації. Системи моніторингу в реальному часі (датчики деформацій, температури, вологості) забезпечують контроль стану конструкцій протягом усього життєвого циклу об'єкта. Прогнозування можливих ушкоджень здійснюється з використанням машинного навчання.

В Україні активно впроваджуються пілотні проекти з будівництва укриттів подвійного призначення у громадських будівлях, навчальних закладах і транспортній інфраструктурі [8,9]. В європейських країнах подібні рішення інтегруються у міське середовище у вигляді підземних паркінгів, торгових центрів і спортивних споруд.

Висновки

1. Проектування бетонних укриттів подвійного призначення є одним із ключових напрямів сучасного цивільного захисту.
2. Використання інноваційних матеріалів і цифрових технологій підвищує ефективність, надійність та довговічність захисних споруд.
3. Поєднання цивільних і оборонних функцій забезпечує економічну доцільність і комплексну безпеку міського середовища.

Список використаних джерел:

1. Збірник наукових розробок планувальних та конструктивних рішень споруд цивільного захисту: монографія / А. Гасенко, О. Довженко, В. Погрібний, О. Семко, О. Філоненко, О. Юрін; за ред. О. Філоненко. - Полтава: ПП «Астроя», 2023. - 205 с.
2. ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту». – Київ: Мінрегіон України, 2023.
3. ДСТУ Б В.2.7-43:2021 «Бетони. Загальні технічні вимоги». – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2021.

4. Колесник А.В., Томчук М.А., Томчук М.М. Особливості влаштування захисних споруд в умовах військового часу. [Електронний ресурс] / А.В. Колесник, М.А. Томчук / Міжнародно науково-практична інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців. Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024) (2024) Вінниця, ВНТУ.

Режим доступу: <https://confere.nces.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/view/21538>.

5. ДБН В.1.2-14:2018 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів».

6. ISO 13822:2010 «Bases for design of structures — Assessment of existing structures».

7. Klymenko O., et al. "Innovative Approaches in Design of Civil Defense Shelters." Civil and Environmental Engineering Journal, 2022.

Режим доступу: <https://jrnل.nau.edu.ua/index.php/Design/article/view/17220>

8. Семироз, Н. 2022. Дизайн інтер'єру скритищ цивільної оборони. Теорія та практика дизайну . 26 (грудень 2022), 210–215. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2022.26.25>.

9. Колесник А. В., Записов Д. В., Терещенко О. П.. Способи підвищення надійності та комфортності укриттів для особового складу на основі досвіду військових дій» Міжнародній науково-технічній конференції «Перспективи розвитку машинобудування та транспорту», секція: Проблеми проектування, виготовлення та експлуатації озброєння, Вінниця, 3-5 червня 2025 р. – Електрон. текст. дані. – 2025. <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/prmt/pmrt2025/paper/view/24919/20599>

Колесник Андрій Вікторович – аспірант кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: andrey.engineer@gmail.com.

Kolesnik Andrii V. – PhD student of the Department of Civil Engineering, Municipal Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: andrey.engineer@gmail.com.