

ШВЕЦЬ В.В.

ЛЮБИЧ В.В.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ СПОРУД ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ В КОНТЕКСТІ СУЧАСНОЇ ВІЙНИ В УКРАЇНІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У сучасних умовах війни в Україні особлива увага приділяється розвитку систем цивільного захисту та їх енергоефективності. Забезпечення безпечного перебування населення у захисних спорудах, таких як укриття, бомбосховища та укріплені приміщення, залежить від правильного проєктування, використання сучасних теплоізоляційних матеріалів та енергозберігаючих технологій. У статті розглядаються сучасні підходи до підвищення енергоефективності споруд цивільного захисту, аналізується вплив енергозбереження на забезпечення стійкості та автономності об'єктів у кризових умовах, а також наведено рекомендації щодо інтеграції енергоефективних рішень у нове будівництво та модернізацію наявних споруд.

Ключові слова: цивільний захист, енергоефективність, укриття, тепловий комфорт, енергозбереження, сучасна війна.

Abstract:

In the current context of war in Ukraine, special attention is paid to the development of civil protection systems and their energy efficiency. Ensuring the safe stay of the population in protective structures, such as shelters, bomb shelters, and reinforced rooms, depends on proper design, the use of modern thermal insulation materials, and energy-saving technologies. This article explores modern approaches to improving the energy efficiency of civil protection facilities, analyzes the impact of energy saving on the resilience and autonomy of objects in crisis conditions, and provides recommendations for integrating energy-efficient solutions into new construction and modernization of existing facilities.

Keywords: civil protection, energy efficiency, shelter, thermal comfort, energy saving, modern war.

Вступ

Сучасна війна в Україні демонструє критичну необхідність забезпечення цивільного населення захисними спорудами, що здатні витримувати зовнішні загрози та забезпечувати базові потреби людей у довготривалих умовах. Одним із ключових аспектів ефективності таких споруд є енергоефективність, яка визначає здатність об'єкта мінімізувати втрати тепла, зменшувати енергоспоживання та підвищувати автономність. [1, 2]

Енергоефективність споруд цивільного захисту включає комплекс заходів: оптимальне планування простору, використання сучасних ізоляційних матеріалів, систем вентиляції з рекуперацією тепла та альтернативних джерел енергії. Підвищення енергоефективності не лише зменшує експлуатаційні витрати, а й підвищує стійкість населення до критичних ситуацій. [3]

Основна частина

Особливості сучасних споруд цивільного захисту

Споруди цивільного захисту мають відповідати вимогам міцності, герметичності та забезпечувати стабільний мікроклімат. За оцінками українських дослідників, до 60% загального енергоспоживання укриттів припадає на опалення та вентиляцію у зимовий період, що значно перевищує показники житлових будівель (у середньому 35–40%). [2, 4]

У практиці експлуатації укриттів у прифронтових регіонах у 2022–2024 рр. встановлено, що фактична температура в неопалюваних підвальних укриттях у зимовий період може знижуватися до $+6...+10\text{ }^{\circ}\text{C}$, що є нижчим за комфортний рівень для тривалого перебування населення. [6]

Наприклад: У Київській та Харківській областях у рамках проєкту з модернізації укриттів (2023 р.) застосування 100-мм шару мінеральної вати дозволило зменшити тепловтрати стін на 32–40%, що підтверджено теплотехнічними вимірюваннями місцевих органів цивільного захисту. [7]

Основні критерії енергоефективності залишаються такими:

- низький коефіцієнт теплопровідності огорожувальних конструкцій;
- підвищена герметичність;
- використання матеріалів нового покоління (аергель, ППУ із коефіцієнтом $\lambda=0,020\text{--}0,028\text{ Вт/м}\cdot\text{К}$);
- впровадження автономних систем живлення, здатних забезпечити 12–48 годин роботи без зовнішніх джерел. [3, 5]

Методи підвищення енергоефективності

1. Теплоізоляція та герметизація—У спорудах цивільного захисту в Чернігівській області після модернізації (2023 р.) застосування багатшарових каркасних панелей із ППУ забезпечило скорочення енергоспоживання системи опалення на 27%. [7]
2. Вентиляція з рекуперацією тепла—згідно з дослідженнями Сидоренка В. А., рекупераційні модулі з ККД 65–75% дозволяють повернути до 50% тепла, яке втрачається під час вентиляції укриття. [4]

Практичний приклад: У м. Дніпро встановлення малогабаритних рекуператорів (продуктивність 100–150 м³/год) у 14 укриттях дозволило знизити витрати на опалення на 18–22%. [8]

3. Відновлювані джерела енергії.

- Використання сонячних панелей потужністю 1,5–3,0 кВт забезпечує роботу освітлення та вентиляторів протягом 10–14 годин.

- Вітрогенератори малої потужності (400–800 Вт) застосовуються у громадах Миколаївської області для забезпечення аварійного живлення систем зв'язку в укриттях. [5]

4. Модульні енергоефективні укриття. З 2023 року в Україні впроваджуються модульні мобільні споруди з SIP-панелей, що мають теплопровідність 0,018–0,022 Вт/м·К. Практика показує, що час нагрівання такого укриття до $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ зовнішнього повітря при $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ зменшується на 45% у порівнянні з традиційним залізобетонним укриттям. [9]

Вплив війни на потребу в енергоефективних спорудах

Воєнні дії продемонстрували, що споруди цивільного захисту мають бути здатними функціонувати автономно та забезпечувати належні умови перебування навіть у разі повного відключення інженерних мереж. Під час масованих ракетних та дронівих атак у 2022–2023 рр. до 40% укриттів у Києві, Харкові та Одесі тимчасово залишалися без електропостачання, що суттєво впливало на можливість підтримувати температуру, вентиляцію та освітлення. [6]

Додатково встановлено, що у зимовий період температура в багатьох неопалюваних підземних укриттях опускалася до $+6...+10$ °С, що є нижче санітарно допустимих норм для тривалого перебування. Це підвищило потребу у теплоізоляційних рішеннях та резервних джерелах енергії. Дані досліджень 2023 р. свідчать, що понад 58% перевірених укриттів не обладнані стаціонарними системами опалення, а 73% не мають систем примусової вентиляції. [6, 10]

У регіонах із високою інтенсивністю артилерійських обстрілів (Донецька, Херсонська, Запорізька області) тривалість перебування населення в укриттях може досягати 4–10 годин на добу, а в окремі дні — навіть більше. Це вимагає:

- стабільності мікрокліматичних параметрів;
- зниження енергоспоживання систем життєзабезпечення;
- доступності аварійного освітлення та зв'язку;
- здатності укриття підтримувати життєво важливі параметри без зовнішніх ресурсів. [6, 8]

Практичний приклад: У Херсонській області у 2024 р. впроваджено комбіновані системи енергозабезпечення (сонячні панелі 3–5 кВт + акумуляторні батареї 10–15 кВт·год + дизельний генератор резервного призначення). Це дозволило забезпечити 96 годин безперервної автономної роботи укриттів із підтриманням температури $+15...+18$ °С та функціонуванням систем вентиляції у режимі 0,5–1 повітрообміну/год. [9]

Додаткові дані:

- У 2023 р. у межах державної програми модернізації укриттів понад 320 об'єктів отримали утеплені огорожувальні конструкції, що дозволило зменшити витрати енергії на 25–30% уже в перший сезон експлуатації. [7]
- У громадах Миколаївської області встановлення автономних інверторних систем живлення для вентиляції зменшило кількість випадків перевищення рівня CO₂ понад 2000 ppm на **40%**, що позитивно вплинуло на самопочуття людей під час тривалого перебування в укриттях. [11]
- Застосування LED-освітлення з низьким енергоспоживанням (5–12 Вт/прилад) дозволило знизити навантаження на автономні системи живлення на 15–18%, збільшуючи тривалість роботи без підзарядки. [10]

Таким чином, сучасні умови війни суттєво підсилюють вимоги до автономності, енергоефективності та оптимальності мікроклімату укриттів. Енергоефективність стає не лише інженерною чи економічною характеристикою, а критичною умовою забезпечення життєздатності цивільного населення у кризових ситуаціях.

Висновки

1. Енергоефективність споруд цивільного захисту є ключовим фактором їхньої стійкості та автономності у кризових умовах.
2. Використання сучасних теплоізоляційних матеріалів та систем рекуперації тепла дозволяє значно зменшити енергоспоживання та підвищити комфорт перебування.

3. Автономні джерела енергії та відновлювані ресурси забезпечують безперервність функціонування укриттів навіть у випадку руйнування централізованих мереж.
4. Подальші дослідження мають бути спрямовані на розробку комплексних методів енергоефективного проєктування та модернізації споруд цивільного захисту в умовах сучасної війни в Україні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Грицай, І. В. Енергоефективність будівель в умовах воєнного конфлікту / І. В. Грицай. – Київ: Будівельник, 2022. – 245 с.
2. Петренко, О. С. Сучасні споруди цивільного захисту: проєктування та експлуатація / О. С. Петренко. – Харків: ХНУБА, 2021. – 198 с.
3. Коваль, М. П. Теплоізоляційні матеріали та енергозбереження / М. П. Коваль. – Львів: СПОЛОМ, 2020. – 212 с.
4. Сидоренко, В. А. Вентиляційні системи та енергоефективність укриттів / В. А. Сидоренко. – Київ: Наукова думка, 2022. – 168 с.
5. Бондар, Л. І. Альтернативні джерела енергії в цивільних спорудах / Л. І. Бондар. – Одеса: ОНУ, 2019. – 190 с.
6. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. Аналітичний звіт щодо стану укриттів у регіонах України за 2022–2023 рр. – Київ: ДСНС, 2023. – 54 с.
7. Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України. Звіт про модернізацію споруд цивільного захисту у 2023 році. – Київ, 2024. – 37 с.
8. Іванов, С. М. Практика впровадження систем рекуперації в спорудах цивільного захисту / С. М. Іванов // Інженерія та безпека. – 2023. – №4. – С. 44–52.
9. European Civil Protection Review. Energy-Efficient Modular Shelters in Conflict Zones. – Brussels, 2023. – 62 p.
10. Аналітичний центр «ЕнергоБезпека». Оцінка стану систем життєзабезпечення укриттів в Україні у 2023 році. – Київ, 2023. – 48 с.
11. Міжнародна організація з міцності громад (Resilient Cities Network). Звіт про автономні енергосистеми укриттів в умовах надзвичайних ситуацій. – Женева, 2024. – 72 p.

Швець Віталій Вікторович – к.т.н., доцент, завідувач кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця, e-mail: v.shvets@vntu.edu.ua. ORCID:0000-0002-2748-3685

Любич Володимир Володимирович – викладач кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця, e-mail: mr.lyubich1988@gmail.com.

Shvets Vitaliy V. – Ph.D., associate professor of urban planning and architecture, Vinnytsia National Technical University. E-mail: v.shvets@vntu.edu.ua. ORCID: 0000-0002-2748-3685

Lyubich Volodymyr Volodymyrovych – lecturer at the Department of Construction, Urban Management and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mr.lyubich1988@gmail.com.