УДК 628.8:725.9:504.05

Швець В. В., Колесник А. В.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ І АВТОНОМНІСТЬ СИСТЕМ ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В ЗАХИСНИХ СПОРУДАХ

Анотація: *Досліджено сучасні підходи до забезпечення енергоефективності та автономності систем життєзабезпечення в захисних спорудах цивільного призначення. Проаналізовано принципи енергозбереження, системи альтернативного енергопостачання, вентиляції, водопостачання та теплопостачання, що здатні функціонувати в автономному режимі. Наведено рекомендації щодо підвищення рівня незалежності таких систем у надзвичайних умовах.*

Ключові слова: *енергоефективність, автономність, захисні споруди, системи життєзабезпечення, енергозбереження, резервні джерела енергії.*

Abstracts: *Modern approaches to ensuring energy efficiency and autonomy of life support systems in civil defence structures are investigated. The principles of energy conservation, alternative energy supply systems, ventilation, water supply and heat supply capable of operating in autonomous mode are analysed. Recommendations are given on how to increase the independence of such systems in emergency conditions.*

Keywords: *energy efficiency, autonomy, protective structures, life support systems, energy conservation, backup energy sources.*

Вступ

В умовах воєнних дій та надзвичайних ситуацій питання енергоефективності та автономності систем життєзабезпечення в захисних спорудах набувають особливого значення. Від безперебійного функціонування вентиляції, освітлення, водопостачання, каналізації та опалення залежить не лише комфорт, а й виживання людей, які перебувають у сховищах тривалий час.

З огляду на загальну тенденцію до енергозбереження та впровадження «зелених» технологій, необхідним є переосмислення підходів до проєктування інженерних систем захисних споруд з урахуванням вимог автономності.

Основна частина

Сучасні технології дозволяють інтегрувати у конструкцію захисних споруд системи, здатні функціонувати незалежно від централізованих мереж, використовуючи локальні джерела енергії, води та системи очищення повітря [1].

Енергоефективність передбачає мінімізацію витрат енергоресурсів при забезпеченні необхідного рівня комфорту та безпеки. У контексті захисних споруд це досягається за рахунок [1,2]:

- застосування теплоізоляційних матеріалів з низьким коефіцієнтом теплопровідності;
- оптимізації теплового балансу споруди (утилізація тепла від електроприладів, освітлення, людей);
- використання енергоощадного обладнання (світлодіодне освітлення, електродвигуни з частотним регулюванням);
- впровадження систем рекуперації тепла у вентиляційних установках.

Такі заходи дають змогу суттєво знизити потребу у зовнішніх енергоресурсах та продовжити автономну роботу систем під час відключення основних мереж.

Автономність захисної споруди визначається можливістю забезпечення життєдіяльності людей у випадку повного відключення зовнішніх комунікацій. Основними складовими автономності є [3]:

- енергетична автономність – наявність незалежного джерела електроенергії (акумуляторні батареї, дизельні чи газові генератори, сонячні панелі);
- автономне повітропостачання – фільтровентиляційні системи з ручними приводами, системами рекуперації та очищення;
- водозабезпечення та каналізація – наявність запасів води, систем локальної очистки та накопичувальних резервуарів;
- тепловий баланс – мінімізація тепловтрат, використання систем теплоутилізації, енергоощадного освітлення.

Для забезпечення безперебійного електроживлення доцільно використовувати комбіновані джерела енергії:

- дизельні або бензинові генератори (як основні та резервні джерела);
- акумуляторні системи з інвертором (для забезпечення роботи критично важливих приладів у перші години після зникнення зовнішнього живлення);
- сонячні панелі з буферними накопичувачами (як довготривале альтернативне джерело);
- гібридні системи – поєднання генератора, акумуляторів і фотоелектричних модулів, що забезпечують стабільну роботу навіть у разі тривалих відключень.

У разі правильного балансування енергетичного навантаження такі комплекси можуть забезпечувати автономність споруди протягом декількох діб або навіть тижнів.

У захисних спорудах життєво важливими є системи вентиляції, очищення повітря та підтримання мікроклімату [4]. Для підвищення енергоефективності використовуються системи рекуперації тепла (рекуператори пластинчастого або роторного типу), які дозволяють зменшити втрати енергії при вентиляції до 60–80 %. Додатково в системах вентиляції застосовуються енергоефективні вентилятори постійного струму (DC), які споживають на 30–40 % менше електроенергії порівняно зі стандартними аналогами.

Основні напрями підвищення автономності систем вентиляції [5]:

- застосування фільтровентиляційних установок з можливістю ручного або механічного приводу;
- використання теплоутилізаторів для підігріву приточного повітря за рахунок відпрацьованого;
- встановлення теплових насосів для економного опалення при наявності джерела електроенергії;
- впровадження резервних систем водопостачання (накопичувальні баки, гідроакумулятори, системи очищення дощової води).

Збереження стабільного теплового режиму є критичним у тривалому режимі автономності. Основні напрямки енергоефективності включають:

- застосування термоізоляційних матеріалів (базальтові плити, пінополіуретан, спінене скло);
- використання інфрачервоних систем обігріву з низьким енергоспоживанням;
- впровадження теплових акумуляторів (фазозмінні матеріали, ємнісний нагрів);
- рекуперація тепла повітря та стічних вод для обігріву приміщення.

Комплексне теплоутримання дозволяє зменшити витрати енергії на обігрів до 40–50 %.

Сучасні технології дозволяють впроваджувати інтелектуальні системи керування енергоспоживанням, що оптимізують роботу обладнання відповідно до реальних потреб. Такі системи можуть функціонувати локально, без підключення до мережі інтернет, використовуючи контролери або мікропроцесорні модулі.

Особливу увагу слід приділяти енергетичній безпеці — захисту систем від перевантажень, коротких замикань, вібрацій та підвищеної вологості.

У найближчій перспективі очікується розширення використання відновлюваних джерел енергії, акумуляторів нового покоління, а також систем централізованого моніторингу для груп захисних споруд [6]. Розвиток технологій «розумного сховища» дозволить автоматизувати більшість процесів життєзабезпечення при мінімальних витратах енергії.

Висновки

Енергоефективність і автономність є ключовими критеріями надійності сучасних захисних споруд. Інтеграція альтернативних джерел енергії, енергоощадного обладнання та систем автоматичного керування забезпечує безперебійну роботу життєво важливих систем у кризових умовах.

Комплексний підхід до проєктування інженерних систем із врахуванням енергетичної незалежності підвищує рівень безпеки населення та зменшує залежність від зовнішніх енергетичних мереж.

Список використаних джерел:

1. ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту».
2. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціювання».
3. ISO 50001:2018 Energy Management Systems – Requirements with Guidance for Use.
4. Джеджула В.В. (2023). Особливості влаштування вентиляції в захисних спорудах цивільного захисту// Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, 20(2), 185- 189. https://doi.org/10.31649/2311-1429-2023-2-185-189.
5. Томчук М.А., Колесник А.В., Записов Д.В. Особливості влаштування систем вентиляції в захисних спорудах в умовах військового часу. VII Міжнародної науково-практичної конференції Актуальні проблеми та перспективи розвитку охорони праці, Безпеки життєдіяльності та цивільного захисту (29-30 квітня 2025 р.) м. Одеса. Режим доступу: https://odaba.edu.ua/upload/files/Programa_konf_ohorona_pratsi2025.pdf.
6. 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, пробле-ми, перспективи (МН-2024) (2024) Вінниця, ВНТУ.
Режим доступу: https://confere nces.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/view/21538.

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

Колесник Андрій Вікторович – асистент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: andrey.enginer@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.

Kolesnik Andrii V. – assistant Professor, Department of Construction, Urban Planning and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: andrey.enginer@gmail.com.