

УДК 691.328.1 [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11\(21\)-06](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11(21)-06)

РЕКОНСТРУКЦІЯ ІНЖЕНЕРНИХ ОБ'ЄКТІВ НЕЖИТЛОВОГО ФОНДУ В КОНТЕКСТІ ВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНИ

RECONSTRUCTION OF ENGINEERING FACILITIES OF NON- RESIDENTIAL FUNDS IN THE CONTEXT OF RENEWAL UKRAINE

Добровольська О.Г., к.т.н., доцент, Фостащенко О.М. к.т.н.,
доцент, Чудновський П.Б., магістрант (Запорізький національний
університет)

**Dobrovolska O., Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
Fostashchenko H., Ph.D. in Engineering, Associate Professor Chudnovsky
P., M.Sc (Zaporizhzhya National University)**

У даній праці здійснено аналіз досвіду відновлення міст після війни в інших країнах. Проаналізувавши результати наукових публікацій, приходимо до висновку, що в Україні формується індивідуальний підхід до відбудови. В роботі представлено варіант реконструкції нежитлової будівлі із застосуванням енергоощадних технологій, виконано порівняльний аналіз чотирьох варіантів опалення будівлі з використанням нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії.

The work presents the results of monitoring the condition of a non-residential building and developed proposals regarding the option of its reconstruction using energy-saving technologies, performed a comparative analysis of four options for heating the building using non-traditional and renewable energy sources.

The relevance of the considered problem is explained by the fact that the process of rebuilding Ukraine continues in parallel with new destruction during military operations and shelling throughout the country, despite the lack of resources, it remains vital, as it allows people to stay in the country and survive in the conditions of a full-scale war.

The article summarizes the results of the experience of reconstruction and restoration of destroyed buildings and infrastructure in the process of post-war reconstruction in Ukraine and abroad. Analysis of the results of the implementation of building modernization measures showed significant economic benefits for single-family houses and the need for state subsidies for the successful implementation of energy-efficient reconstruction. The results of graphic modeling of the reconstruction of elements of a non-residential building are presented. In the reconstruction project, the following options for engineering heating systems were analyzed: A) a warm floor with water heating and a heat pump (air-water); B) a warm floor with water heating and an electric boiler; C) a warm floor with water heating and a solid fuel boiler; D) solar power station and floor with electric heating.

The results of a comparative analysis of the energy efficiency of four options for heating the building according to two criteria are shown in the form of diagrams.

The results of energy consumption calculations showed that the lowest electricity consumption is for option A, the funds invested in the equipment will pay off within 5.5 heating seasons. The use of materials and heating systems with a high level of autonomy significantly reduces energy costs due to their energy efficiency.

Ключові слова: реконструкція будівельних об'єктів; типологія житлових будівель; інженерні системи опалення; рівень автономності.

Keywords: reconstruction of construction objects; typology of residential buildings; engineering heating systems; level of autonomy.

Вступ. Реконструкція України почалася під час початку повномасштабної війни та продовжується паралельно з новими руйнуваннями під час воєнних дій та обстрілів на всій території країни. Фахівці вважають, що цей процес, хоча й стикається з нестачею ресурсів, є життєво важливим, оскільки дозволяє людям залишатися в країні та виживати в умовах повномасштабної війни. Для досягнення тривалого успіху, перед початком будь-яких реконструкцій необхідно провести ретельну підготовку. Цей процес може розпочатися з прийняття законодавчої бази, впровадження антикорупційних реформ і встановлення стандартів на рівні центральної влади. Визначення порядку виконання основних завдань, таких як розмінування великих ділянок землі, прибирання завалів, будівництво притулків і шкіл, а також надання основної медичної допомоги, допоможе швидко розпочати процес відновлення.

Аналіз останніх досліджень. За оцінками Світового банку та Міністерства економіки України, для відновлення країни після війни необхідно принаймні 411 мільярдів доларів [1]. Основними напрямками є відбудова критичної інфраструктури, житла та важливих соціальних і транспортних об'єктів. Для розробки та удосконалення плану відновлення України потрібно вивчити та проаналізувати досвід відновлення міст після війни в інших країнах.

Так, фахівці, які займались реконструкцією іракського міста Мосул [2], підкреслюють важливість участі переміщених осіб у формуванні можливих післявоєнних моделей житла: під час розробки можливих парадигм житла після конфлікту було враховано типологію будівель, середній розмір ділянок, рекомендовану площу приміщень та житлові стандарти. Крім того, у пропозиціях враховувалися основні вимоги до житла, бажаний розподіл приміщень, методи переміщення та рівень конфіденційності. Як показує досвід Дамаску [3], стратегії неформального житла є найпоширенішим рішенням житлової кризи воєнного часу. Як свідчить досвід фахівців [4], після шести великих катастроф у трьох країнах Азії реконструкція будівель повинна мати три виміри: соціальний, технічний (будівництво без

переміщення) та просторово-часовий, пов'язаний з локалізацією будівельних навичок. Досвід Боснії та Герцеговини [5] підтверджує, що навіть при застосуванні «швидких» заходів для відновлення, немає можливості здійснити миттєві відбудови після воєнних руйнувань.

Фахівці [6] вважають, що відсутність систематичної стратегії відновлення призводить до неефективності, в результаті збільшуються збитки для навколишнього середовища, а відсутність комплексного плану захисту історичних будівель з великою культурною цінністю становить серйозну проблему.

Після завершення конфлікту необхідно розробити план відновлення, який буде спиратися на стійкість та енергоефективність, з метою перетворення України та її місцевих органів самоврядування на інтелектуальні міста [7]. Крім того, як наголошують фахівці [8], більш як половина території країни не має офіційно зацифрованих записів про права власності, що ускладнює ситуацію з підтвердженням права власності на зруйновані будівлі при відсутності паперових документів.

У різних країнах велике значення приділяється впровадженню енергоефективних технологій під час будівництва та реконструкції. За думкою експертів [9], енергоефективна реконструкція нежитлових будівель розв'язує проблему дефіциту житла і дозволяє зекономити на будівельних матеріалах та енергоспоживанні. Фахівці [10] вважають, що модернізація будівель за допомогою утеплення зовнішніх стін, заміни вікон на енергоефективні та підвищення ефективності системи теплопостачання є оптимальними заходами для зменшення витрат енергії.

У відбудові не існує універсального підходу, який підходить для всіх ситуацій. Те, що працювало для міст в Іраку або Сирії, малоімовірно буде ефективним для Харкова, Бахмута чи Запоріжжя. Кожна країна має свої відмінності, кожна спільнота є унікальною. Тому міжнародні приклади успішної відбудови можуть служити лише історичним досвідом.

Постановка мети і задач досліджень. Мета цієї роботи полягає у створенні загальних концепцій реконструкції нежитлових та зруйнованих будівельних об'єктів з використанням енергоощадних технологій та відновлювальних енергетичних джерел. Основні завдання включають наступне:

- узагальнення результатів післявоєнної відбудови в Україні та за кордоном, аналіз закордонного та вітчизняного досвіду реконструкції та відновлення зруйнованих будівель та інфраструктури;
- розроблення основних етапів реконструкції елементів нежитлових та зруйнованих будівельних об'єктів;
- визначення принципів впровадження енергоефективних та енергоощадних технологій у процесі відновлення будівельних об'єктів.

Об'єктом дослідження є нежитлова та зруйнована забудова в південній смузі України, а предметом дослідження – формування громадського простору через реконструкцію нежитлових і зруйнованих будівельних об'єктів.

Опис об'єкта. Будівля, яка підлягає реконструкції, двоповерхова, прямокутної форми в плані. Покрівля – руберойдна неексплуатована, над нею укладено конструкцію з сонячних панелей. Розміри будівлі в осях складають 14000× 7000 мм.

Методика досліджень. Для дослідження загальних концепцій реконструкції нежитлових і зруйнованих будівель було застосовано наступну методику: статистичний аналіз інформаційних джерел стосовно реконструкції та відновлення зруйнованих будівель, натурні обстеження та фотофіксація конструктивних елементів будівельного об'єкта нежитлового фонду, проект експериментальної реконструкції з графічним моделюванням елементів забудови, розробка інженерних систем опалення будівлі із застосуванням альтернативних та відновлювальних джерел енергії; розробка рекомендації стосовно застосування енергоощадних технологій при реконструкції будівель.

Результати досліджень. Загальні риси архітектурно-містобудівного проектування в Україні протягом останніх шестидесяти років представлені у вигляді матриці на рис. 1.

	Односімейні будинки	Багатоквартирні будинки до 2 поверхів	Багатоквартирні будинки до 5 поверхів	Багатоквартирні будинки до 9 поверхів	Багатоповерхові будинки
1955-1975					
1978-1998					
2000-2022					

Рисунок 1 – Матриця типології житлових будівель в Україні

Аналіз результатів впровадження заходів з модернізації будівель показав значні економічні вигоди для односімейних будинків. Однак витрати на такі заходи на одного мешканця в цій категорії будівель виявилися в середньому втричі вищими, ніж для інших типів житла, таких як багатоквартирні будинки або багатоповерхівки. З урахуванням обмежених можливостей громадян України фінансувати модернізацію будинків, державні субсидії можуть стати необхідними для успішної реалізації енергоефективної реконструкції.

Проект реконструкції будівлі було виконано відповідно до наявного планування місцевості. На рисунку 2 показані зміни, які були внесені до будівлі під час її реконструкції.

Основою будівлі після реконструкції залишається цокольний поверх, підлога та стіни товщиною 400 мм викладені річковим камінням, він має залізобетонний фундамент глибиною залягання 1,5 м. Цей поверх у задовільному стані, після зовнішнього оновлення переобладнується у лазню з місцем відпочинку. Перегородки в середині приміщення прийняті цегляними товщиною 120 мм з використанням цементного розчину М 50. Перекриття складається із залізобетонних пустотних плит серії 1.141.1. Зовнішні секційні стіни першого поверху, відлиті з перлітобетону М 50, який має високі теплоізоляційні та шумоізоляційні властивості, утеплені пінопластом з нанесенням декоративного тинькування. Другий поверх до реконструкції був демонтований та видалений для подальшої утилізації.

В проекті реконструкції були проаналізовані наступні варіанти інженерних систем опалення:

- а) тепла підлога з водяним підігрівом та тепловий насос (повітря-вода);
- б) тепла підлога з водяним підігрівом та електричний котел;
- в) тепла підлога з водяним підігрівом та котел на твердому паливі;
- г) сонячна електрична станція та підлога з електричним обігрівом.

Критеріями для вибору оптимального варіанту опалення будівлі були енергетичні витрати; вартість обладнання та енергетичних витрат. Результати аналізу енергоефективності розглянутих інженерних систем опалення будівлі представлені у вигляді діаграми на рис. 3.

З представлених варіантів найбільша вартість обладнання для варіанту Г, крім того, енергетичні витрати в холодний період року не забезпечує сонячна станція, ефективність роботи якої в цей період становить 5–10 % від робочої потужності.

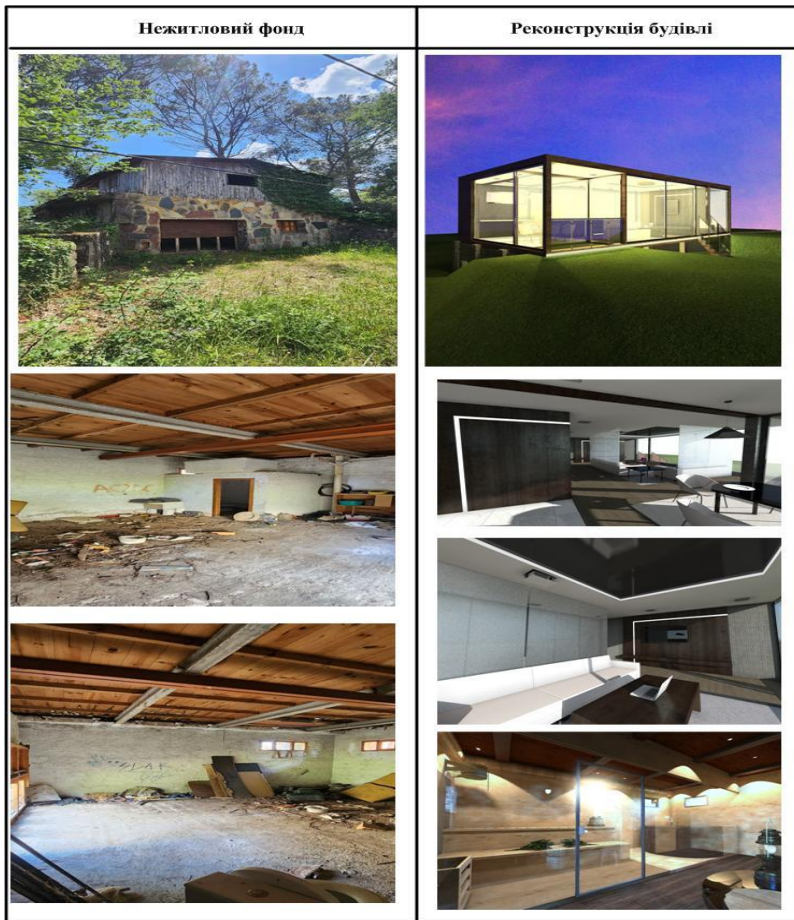


Рисунок 2 – Реконструкція нежитлової будівлі

При застосуванні варіанту Б треба враховувати значні витрати електроенергії, які у 4 рази більші, ніж енергетичні витрати за варіантом А.

Порівняємо варіанти А та В. Найменші витрати електроенергії визначені за варіантом В, але при використанні котла на твердому паливі треба врахувати вартість паливного матеріалу, тому вартість енергоносіїв за варіантом В у 2,3 рази перевищує відповідний показник за варіантом А. Результати розрахунків енерговитрат показали, що найменші витрати електроенергії становлять для варіанту А, вкладені в обладнання кошти окупляться протягом 5,5 опалювальних сезонів.

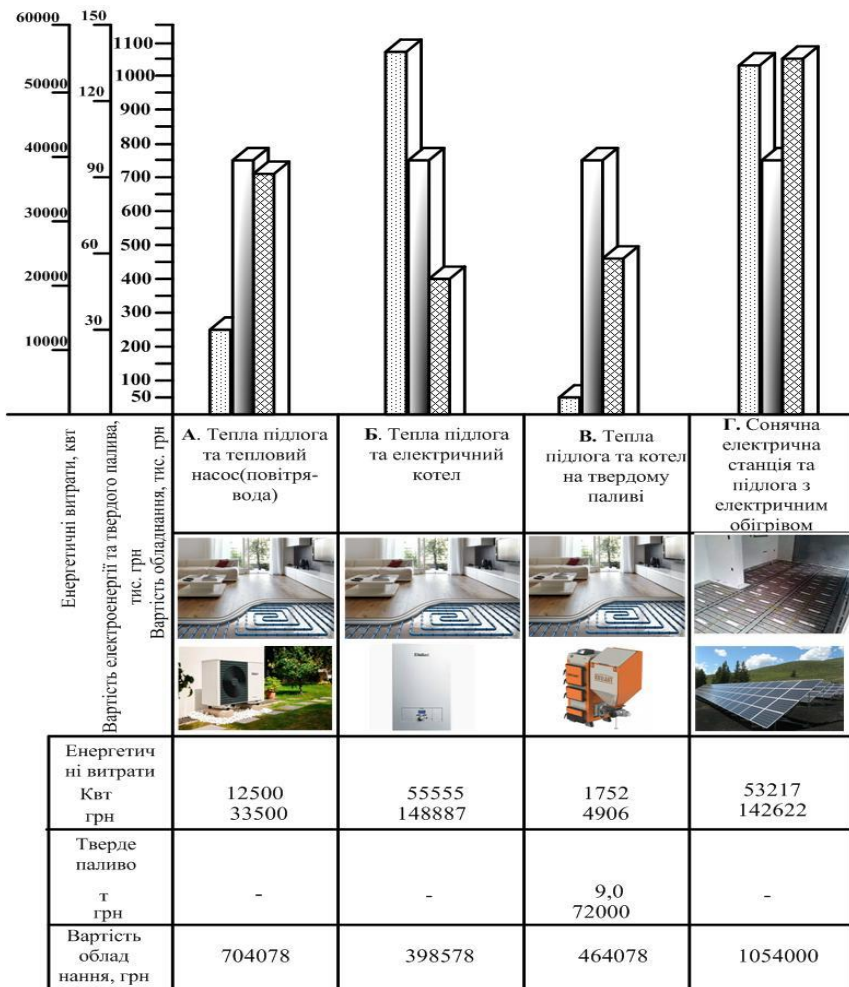


Рисунок 3 – Аналіз варіантів опалення будівлі

Висновки

1. У процесі відновлення не існує єдиного підходу, який можна застосувати у всіх випадках. Кожна країна має свої особливості, тому міжнародні приклади успішної реконструкції можуть бути корисними як історичний досвід та джерело натхнення.

2. Реконструкція нежитлових будівель може призвести до перетворення сотень тисяч одиниць в житлові приміщення з мінімальним впливом на навколишнє середовище.

3. Екологічна придатність таких реконструкцій у порівнянні з традиційним будівництвом нових житлових об'єктів очевидна, оскільки це дозволяє уникнути значної кількості будівельних відходів, що утворюються під час демонтажу споруд.

4. Використання енергоефективних матеріалів та систем опалення з високим рівнем автономності призводить до значної економії енергії.

References

1. Chym prysluzhytsia Ukraini svitovy dosvid povoiennoi vidbudovy. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-vidbudova/3690887-cim-prisluzitsa-ukraini-svitovij-dosvid-povoennoi-vidbudovi.html>
2. Saeed Z., Almkhtar A., Abanda H., Tah J. Mosul City: Housing Reconstruction after the ISIS War Cities. *Cities*, 2022. Vol. 120. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103460>
3. Barend Wind, Batoul Ibrahim. The war-time urban development of Damascus: how the geography- and political economy of warfare affects housing patterns. *Habitat International*, 2020. Vol. 96, P.1–15. URL:https://pure.rug.nl/ws/portalfiles/portal/133410778/1_s2.0_S0197397519309464_main.pdf
4. Malyi E., Vakhanvati M., Sararit T. People-centered disaster recovery: A comparison of long-term outcomes of housing reconstruction in Thailand, India, and Japan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2022. Vol. 81. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212420922004538>
5. Martinović A., Ifko S. Industrial heritage as a catalyst for urban regeneration in post-conflict cities Case study: Mostar, Bosnia and Herzegovina. *Cities*, 2018. Vol. 74. P. 259–268. URL:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264275117308338?via%3Dihub>
6. Hala A., Manuel C. Post-war sustainable housing design strategies: the case of reconstruction in Iraq. *Renewable energy and environmental sustainability*, 2021. Vol. 6. URL:<https://search.worldcat.org/title/9456437001>
7. Cifuentes-Faura J. Ukraine's post-war reconstruction: Building smart cities and governments through a sustainability-based reconstruction plan. *Journal of Cleaner Production*, 2023. Vol. 419. URL:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652623024812>
8. Panfil J., Unru J., Kholod M. Case Report: Housing, land, and property restitution after wars takes decades: Ukraine can change this. *World Development Perspectives*, 2023. Vol. 31. URL:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2452292923000358>
9. Gursel A., Shehabi A., Horvath A. What are the energy and greenhouse gas benefits of repurposing non-residential buildings into apartments? *Resources, conservation and recycling*, 2023. Vol.198. URL:<https://tinyurl.com/4ah6jpv6>

10. Kadric D., Aganovic A., Martinovic S., Delalic N., Delalic B. Gurda a Cost-related analysis of implementing energy-efficient retrofit measures in the residential building sector of a middle-income country – a case study of Bosnia and Herzegovina. *Energy & Buildings*, 2022. Vol. 257. URL: <https://tinyurl.com/mrd7dwwj>

Література

1. Чим прислужиться Україні світовий досвід повоєнної відбудови. [Електронний ресурс]

URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-vidbudova/3690887-cim-prisluzitsa-ukraini-svitovij-dosvid-povoennoi-vidbudovi.html>

3. Saeed Z., Almkhtar A., Abanda H., Tah J. Mosul City: Housing Reconstruction after the ISIS War Cities. *Cities*, 2022. Vol. 120. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103460>

3. Barend Wind, Batoul Ibrahim. The war-time urban development of Damascus: how the geography- and political economy of warfare affects housing patterns. *Habitat International*, 2020. Vol. 96, P.1–15.

URL:https://pure.rug.nl/ws/portalfiles/portal/133410778/1_s2.0_S0197397519309464_main.pdf

4. Malyi E., Vakhanvati M., Sararit T. People-centered disaster recovery: A comparison of long-term outcomes of housing reconstruction in Thailand, India, and Japan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2022. Vol. 81. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212420922004538>

5 Martinović A., Ifko S. Industrial heritage as a catalyst for urban regeneration in post-conflict cities Case study: Mostar, Bosnia and Herzegovina. *Cities*, 2018. Vol. 74. P. 259–268.

URL:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264275117308338?via%3Dihub>

6. Hala A., Manuel C. Post-war sustainable housing design strategies: the case of reconstruction in Iraq. *Renewable energy and environmental sustainability*, 2021. Vol. 6. URL:<https://search.worldcat.org/title/9456437001>

7. Cifuentes-Faura J. Ukraine's post-war reconstruction: Building smart cities and governments through a sustainability-based reconstruction plan. *Journal of Cleaner Production*, 2023. Vol. 419.

URL:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652623024812>

8. Panfil J., Unru J., Kholod M. Case Report: Housing, land, and property restitution after wars takes decades: Ukraine can change this. *World Development Perspectives*, 2023. Vol. 31.

URL:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2452292923000358>

9. Gursel A., Shehabi A., Horvath A. What are the energy and greenhouse gas benefits of repurposing non-residential buildings into apartments? *Resources, conservation and recycling*, 2023. Vol.198. URL:<https://tinyurl.com/4ah6jpve>

10. Kadric D., Aganovic A., Martinovic S., Delalic N., Delalic B. Gurda a Cost-related analysis of implementing energy-efficient retrofit measures in the residential building sector of a middle-income country – a case study of Bosnia and Herzegovina. *Energy & Buildings*, 2022. Vol. 257. URL: <https://tinyurl.com/mrd7dwwj>