

UDC 620.9-58

POST-WAR INFRASTRUCTURE RECONSTRUCTION: INNOVATIVE APPROACHES AND INTERNATIONAL EXPERIENCE FOR UKRAINE

ПІСЛЯВОЄННЕ ВІДНОВЛЕННЯ ІНФРАСТРУКТУРИ: ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ТА МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД ДЛЯ УКРАЇНИ

Palamar M. M. / Паламар М. М.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2180-4014>

Student / Студент

Kryvyi Rih National University

Криворізький національний університет,

Кривий Ріг, Віталія Матусевича, 11

Анотація. Стаття присвячена аналізу сучасних підходів до післявоєнного відновлення інфраструктури з урахуванням міжнародного досвіду та можливостей його адаптації в Україні. Розглянуто інноваційні рішення у сфері будівництва, енергетики, транспорту та цифрових технологій, які сприяють формуванню стійкої та безпечної інфраструктури. Особливу увагу приділено концепціям «розумного міста», відновлюваним джерелам енергії, децентралізованим енергетичним системам, а також використанню сучасних матеріалів і технологій відбудови. Проаналізовано приклади успішної реконструкції в країнах Європи та світу, що можуть стати корисними для України в умовах інтеграції до європейського простору. Визначено ключові виклики та перспективи реалізації інноваційних підходів у процесі відновлення критичної та соціальної інфраструктури України.

Ключові слова: післявоєнне відновлення, інфраструктура, інноваційні технології, міжнародний досвід, стійкий розвиток, енергетична трансформація, розумні міста, відновлювані джерела енергії, децентралізація, цифровізація.

Abstract. The article is devoted to the analysis of modern approaches to post-war infrastructure restoration, taking into account international experience and the possibilities of its adaptation in Ukraine. Innovative solutions in the field of construction, energy, transport and digital technologies that contribute to the formation of a sustainable and safe infrastructure are considered. Particular attention is paid to the concepts of a "smart city", renewable energy sources, decentralized energy systems, as well as the use of modern materials and reconstruction technologies. Examples of successful reconstruction in European and world countries are analyzed, which may be useful for Ukraine in the context of integration into the European space. Key challenges and prospects for implementing innovative approaches in the process of restoring critical and social infrastructure of Ukraine are identified.

Keywords: post-war restoration, infrastructure, innovative technologies, international experience, sustainable development, energy transformation, smart cities, renewable energy sources, decentralization, digitalization.

Актуальність дослідження.

Збройна агресія проти України спричинила масштабні руйнування транспортної, енергетичної, житлової та соціальної інфраструктури. Відновлення критично важливих об'єктів постає одним із визначальних чинників відбудови національної економіки, підвищення рівня життя населення та інтеграції країни у європейський простір.

Вступ.

Метою дослідження є визначення стратегічних напрямів післявоєнного відновлення інфраструктури України з урахуванням сучасних викликів і можливостей. Завдання роботи полягають у розкритті ключових проблем реконструкції, аналізі пріоритетних сфер інвестування та узагальненні інноваційних підходів до відбудови.

Відновлення інфраструктури в Україні ускладнюється низкою системних проблем. Серед них варто виокремити значні масштаби руйнувань, дефіцит фінансових ресурсів, потребу у швидкому спорудженні об'єктів за умови суворого дотримання безпекових та екологічних стандартів, а також збереження воєнних ризиків у низці регіонів [1-2]. Окрім цього, важливим викликом є необхідність інтеграції процесів реконструкції у довгострокові стратегії сталого розвитку та відповідності критеріям європейської інтеграції.

Післявоєнне відновлення потребує визначення стратегічних орієнтирів. До першочергових завдань належать:

1. Відновлення житлового фонду для внутрішньо переміщених осіб із використанням модульних і швидкокомонтованих технологій [3].

Відновлення житлового фонду для внутрішньо переміщених осіб із використанням модульних і швидкокомонтованих технологій потребує не лише технічних інновацій, а й істотного оновлення нормативно-правової бази. Наявні державні будівельні норми орієнтовані переважно на традиційні технології капітального будівництва, що ускладнює швидке та масштабне застосування сучасних рішень. Тому необхідним є створення окремого комплексу стандартів, які б регламентували вимоги до якості матеріалів, енергоефективності, довговічності, санітарної безпеки та можливостей подальшої модернізації модульних будівель. Важливою передумовою є спрощення процедур сертифікації та введення таких об'єктів в експлуатацію, що дозволить прискорити розгортання житлових комплексів за умови дотримання базових стандартів безпеки. У цьому контексті варто забезпечити гармонізацію українських технічних регламентів із положеннями EN та ISO, що стосуються

модульних конструкцій, адже це відкриє шлях до залучення міжнародних інвесторів та виробників, а також сприятиме підвищенню конкурентоспроможності житла [3].

Окремої уваги потребує регламентація екологічних та енергоефективних параметрів, зокрема вимоги до використання відновлюваних джерел енергії, вторинної переробки будівельних матеріалів і мінімізації вуглецевого сліду, що узгоджується з положеннями [5]. До нормативних документів доцільно включити положення щодо інтеграції тимчасового модульного житла у довгострокові програми розвитку територій, передбачивши його подальшу трансформацію у постійне житло або соціальні об'єкти - школи, медичні заклади чи адміністративні будівлі. Такий підхід забезпечить ефективне використання ресурсів і сприятиме збалансованій урбанізації. Крім того, нормативно-правова база повинна містити положення про механізми фінансування, зокрема залучення міжнародних грантів, приватних інвестицій та кредитних ресурсів для реалізації програм швидкокомунікованого будівництва, а також інструменти державного моніторингу якості та прозорості використання коштів.

Міжнародний досвід підтверджує доцільність подібних рішень. У Німеччині в період міграційної кризи 2015–2017 рр. були розроблені спеціальні стандарти для модульного житла, що дозволило оперативно забезпечити проживання сотень тисяч біженців [7]. Після землетрусу та цунамі 2011 року в Японії модульні конструкції використовувалися як тимчасове житло, яке надалі інтегрувалося у структуру постійних міських кварталів [8]. У Швеції модульні будинки набули поширення як соціальне житло, що відповідає високим стандартам енергоефективності та екологічної безпеки [9]. Урахування таких практик у процесі вдосконалення української нормативної бази дозволить поєднати оперативність будівництва з вимогами безпеки, сталого розвитку та міжнародної інтеграції.

2. Модернізація транспортної інфраструктури (мости, дороги, залізниця) з метою підвищення пропускної спроможності та інтеграції у європейську транспортну мережу [4].

Відновлення та модернізація транспортної інфраструктури України є однією з ключових передумов успішної повоєнної реконструкції та інтеграції у європейський економічний простір. Руйнування мостів, автомобільних доріг і залізничних вузлів, спричинені воєнними діями, призвели до суттєвого зниження пропускної спроможності транспортної системи та утруднили логістичні зв'язки як всередині країни, так і з країнами Європейського Союзу [2]. У цьому контексті модернізація транспортної інфраструктури повинна здійснюватися у двох взаємопов'язаних напрямках: відновлення критично пошкоджених об'єктів та структурна трансформація з урахуванням стандартів ЄС. Особливого значення набуває реконструкція мостів, адже вони є ключовими елементами транспортних коридорів та часто стають "вузькими місцями" у логістиці.

Відновлення автомобільних доріг має враховувати перспективи інтенсивного транскордонного руху та потребує адаптації до стандартів TEN-T - транс'європейської транспортної мережі [4]. Це означає не лише технічну модернізацію дорожнього покриття, але й розвиток інтелектуальних транспортних систем, які дозволять оптимізувати рух вантажного транспорту, зменшити затори та підвищити рівень безпеки. Прикладом є Польща, де у рамках інтеграції до TEN-T у 2000–2010-х роках було реалізовано масштабні проєкти з будівництва автомагістралей та логістичних хабів, що сприяло значному зростанню зовнішньої торгівлі [10].

Залізнична інфраструктура є критично важливою для експорту української продукції, насамперед аграрної та металургійної. Основним напрямом модернізації виступає поступовий перехід від широкої колії (1520 мм) до європейського стандарту (1435 мм) на ключових ділянках кордону, що дозволить інтегрувати українську залізничну систему у єдиний європейський простір [10]. Подібний процес відбувався у країнах Балтії у рамках проєкту Rail Baltica, який передбачає створення швидкісного залізничного сполучення за стандартами ЄС, інтегрованого у TEN-T [11]. Для України це питання має стратегічне значення, адже воно визначає не лише можливості швидкого експорту, а й геополітичну орієнтацію транспортних коридорів.

Таким чином, модернізація транспортної інфраструктури повинна поєднувати оперативне відновлення пошкоджених об'єктів та довгострокові інвестиції у розвиток, узгоджений із європейськими транспортними політиками. Це дозволить не лише відновити логістичні потоки, а й перетворити Україну на важливий транзитний вузол між ЄС та країнами Азії, забезпечивши зростання конкурентоспроможності національної економіки.

3. Трансформація енергетичної системи з акцентом на децентралізацію та відновлювані джерела енергії, що узгоджується зі стратегією «European Green Deal» [5]. Сучасна енергетика перебуває у фазі глобальної трансформації, спричиненої необхідністю подолання кліматичних змін, підвищення енергетичної безпеки та досягнення сталого розвитку. Європейська стратегія «European Green Deal» визначає амбітну мету - досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року, що вимагає радикальних змін у структурі енергетичних систем. Одним із ключових напрямів є децентралізація енергетики та активне впровадження відновлюваних джерел енергії (ВДЕ).

Децентралізація енергетики означає перехід від централізованих систем, орієнтованих на великі генеруючі об'єкти, до гнучких мереж із локальними джерелами генерації. Методологічною основою таких змін виступають принципи енергоефективності, сталого розвитку та цифрової інтеграції. Відновлювані джерела енергії, зокрема сонячна, вітрова, біомаса та мала гідроенергетика, розглядаються як ключовий чинник зниження викидів парникових газів та диверсифікації енергопостачання. Європейський Союз формує нормативно-правову та фінансову базу для розвитку «зеленої» енергетики, зокрема через програму REPowerEU та фонд NextGenerationEU. У країнах Балтії, Німеччині та Данії активно розвиваються енергетичні кооперативи, мікромережі та моделі «prosumer», які дозволяють громадянам одночасно бути виробниками і споживачами електроенергії. Це створює передумови для зростання енергетичної демократії та стійкості системи.

Трансформація енергетики стимулює створення нових бізнес-моделей, формування ринку «зеленої» праці та розвиток високотехнологічних секторів

економіки. Інвестиції у відновлювану енергетику зменшують залежність від імпортованих енергоносіїв, що особливо важливо в умовах геополітичної нестабільності. Соціальний ефект проявляється у зростанні рівня участі громад у прийнятті рішень та розвитку енергетичної демократії.

Україна, як країна-кандидат на вступ до ЄС, інтегрує свої енергетичні стратегії у відповідності до «European Green Deal». В умовах воєнних викликів децентралізовані системи набувають особливої ваги, адже підвищують стійкість енергетичної інфраструктури. Україна має значний потенціал розвитку ВДЕ – зокрема вітрової генерації у прибережних регіонах, біоенергетики на основі аграрних відходів та сонячної енергетики у південних областях.

Децентралізація та розвиток ВДЕ є фундаментальними напрямками енергетичної трансформації, що відповідають викликам XXI століття. Впровадження цих стратегій у рамках «European Green Deal» забезпечує кліматичну нейтральність, економічний розвиток та енергетичну безпеку. Для України це відкриває перспективи посилення інтеграції з європейським енергетичним ринком та підвищення стійкості у кризових умовах.

4. Відбудова закладів соціальної інфраструктури – освітніх, медичних та культурних установ, які є основою відновлення людського капіталу [6].

Ефективна реалізація реконструкції неможлива без застосування інноваційних технологій. Зокрема, перспективним є використання BIM-моделювання, цифрових двійників та концепцій «розумної» і «зеленої» інфраструктури. Ці підходи дозволяють підвищити точність проєктування, оптимізувати витрати та забезпечити довготривалу стійкість об'єктів [12]. Водночас ключове значення має залучення міжнародних фінансових інститутів, донорських програм та приватних інвестицій, що формує основу для реалізації комплексних відбудовчих проєктів.

Аналіз міжнародних практик свідчить про ефективність поєднання державної політики, міжнародної допомоги та інноваційних технологій. Так, після конфліктів у Боснії і Герцеговині у 1990-х роках значну роль відіграв Світовий банк, спрямовуючи фінансування на реконструкцію транспортної та

енергетичної інфраструктури [13]. Досвід Японії після землетрусу й цунамі 2011 року показав ефективність використання сучасних методів планування та цифрового моніторингу інфраструктурних об'єктів [14]. Найбільш масштабним прикладом відновлення після війни залишається «План Маршалла», який забезпечив не лише фізичну реконструкцію економік європейських країн, а й став основою їхньої інтеграції у спільний ринок [13-14].

Висновки. Відновлення інфраструктури України має здійснюватися не як відтворення зруйнованих об'єктів, а як системна трансформація, що базується на принципах сталого розвитку, цифровізації та екологічної відповідальності. Міжнародний досвід демонструє, що поєднання інноваційних технологій і стратегічного партнерства з міжнародними інституціями є ключем до успішної післявоєнної реконструкції.

Література

1. UNDP (2022). *Ukraine: Building Forward Better*. United Nations Development Programme.
2. World Bank (2023). *Ukraine Rapid Damage and Needs Assessment*.
3. OECD (2022). *Reconstruction and Recovery of Ukraine: Initial Framework*.
4. European Commission (2023). *Ukraine Facility and Infrastructure Support*.
5. European Green Deal (2020). *Communication from the Commission*.
6. UNESCO (2022). *Education in Emergencies: Ukraine Response*.
7. OECD. Working Together for Local Integration of Migrants and Refugees in Germany. Paris: OECD Publishing, 2018.
8. Shibayama, T., Esteban, M., Nistor, I., Takagi, H. Handbook of Coastal Disaster Mitigation for Engineers and Planners. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2014.
9. Nordregio. Modular Housing Solutions in the Nordic Countries: Policies and Practices. Stockholm: Nordregio Report, 2020.
10. Góra, A. Transport Infrastructure Development in Poland and Its Impact on Trade. Warsaw: PWN, 2015.

11. Biehl, A. Rail Baltica: The Flagship Project of the EU's Eastern Integration. Riga: Transport Economics Journal, 2019.
12. World Bank (2004). *Bosnia and Herzegovina Post-Conflict Reconstruction*.
13. Shibayama, T., Esteban, M., Nistor, I., & Takagi, H. (2014). *Handbook of Coastal Disaster Mitigation for Engineers and Planners*.
14. De Long, J. B., & Eichengreen, B. (1991). *The Marshall Plan: History's Most Successful Structural Adjustment Program*.

надіслано: 19.09.2025

© Паламар М.М.