

УДК 624.05

DOI: 10.30838/UJCEA.2312.270425.119.1182

ОРГАНІЗАЦІЯ ЖИТЛОВОГО БУДІВНИЦТВА НА ОСНОВІ ПРИНЦИПІВ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

КРАВЧУНОВСЬКА Т. С.^{1*}, докт. техн. наук, проф.,
ДІГТЯР К. В.², асп.

^{1*} Кафедра організації і управління будівництвом, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-66, e-mail: t.s.kravchunovska@ust.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-0986-8995

² Кафедра організації і управління будівництвом, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (050) 452-08-19, e-mail: degtyar.kirill@gmail.com, ORCID ID: 0009-0009-5568-1249

Анотація. Постановка проблеми. Задля досягнення спільного кращого майбутнього необхідно дотримуватися принципів концепції сталого розвитку, зокрема виявляти відповідальне ставлення до довкілля в усіх сферах життєдіяльності людини. Це зокрема передбачає забезпечення доступним, безпечним і недорогим житлом, екологічно стійку урбанізацію, сприяння будівництву екологічно стійких і міцних будівель із використанням місцевих матеріалів. Тобто стале будівництво – це процес створення будівель, які є екологічно чистими та ресурсоефективними протягом усього життєвого циклу (проектування, будівництво, експлуатація, ремонт, реконструкція, ліквідація). Такий підхід до будівництва житлових будинків розширює і доповнює традиційний підхід до проектування і спорудження будівель із точки зору їх економічності, корисності, довговічності та комфортності. Але на сьогодні відсутнє вичерпне наукове обґрунтування прогнозованих техніко-економічних показників проєктів створення сталих малоповерхових житлових будівель, яке б враховувало вплив визначальних організаційно-технологічних, технічних, економічних, соціальних та управлінських факторів. **Мета статті.** Аналіз чинників, які визначають сталість будівель, зокрема їх інклюзивність, безпечність, життєстійкість та збалансованість. **Висновок.** Для прийняття науково обґрунтованих рішень, які забезпечуватимуть ефективне використання ресурсів, скорочення тривалості виробництва робіт і зниження вартості будівельної продукції, необхідно здійснити формалізацію визначальних організаційно-технологічних, технічних, економічних, соціальних та управлінських факторів, які характеризують особливості створення сталих малоповерхових житлових будівель та впливають на техніко-економічні показники проєктів.

Ключові слова: сталий розвиток; стале будівництво; житлове будівництво; життєвий цикл будівлі; ефективність

ORGANISATION OF RESIDENTIAL CONSTRUCTION BASED ON THE PRINCIPLES OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

KRAVCHUNOVSKA T.S.^{1*}, Dr. Sc. (Tech.), Prof.,
DIHTIAR K.V.², Postg. Stud.

^{1*} Department of Organisation and Management in Construction, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-33-66, e-mail: t.s.kravchunovska@ust.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-0986-8995

² Department of Organisation and Management in Construction, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (050) 452-08-19, e-mail: degtyar.kirill@gmail.com, ORCID ID: 0009-0009-5568-1249

Abstract. Problem statement. To achieve a shared better future, it is essential to adhere to the principles of sustainable development, particularly by demonstrating a responsible attitude toward the environment in all areas of human activity. This also involves ensuring accessible, safe, and affordable housing, promoting environmentally sustainable urbanization, and encouraging the construction of eco-friendly and durable buildings using local materials. In other words, sustainable construction is the process of creating buildings that are environmentally friendly and resource efficient throughout their life cycle (design, construction, operation, repair, reconstruction, and demolition). This approach to residential building construction expands and complements the traditional approach to the design and construction of buildings in terms of their efficiency, usefulness, durability, and comfort. However, there is currently no

comprehensive scientific justification for the projected technical and economic indicators of sustainable low-rise residential building projects, which would take into account the impact of key organizational, technological, technical, economic, social, and managerial factors. **Purpose of the article.** Analysis of the factors determining the sustainability of buildings, specifically their inclusivity, safety, resilience, and balance. **Conclusion.** To make scientifically grounded decisions that will ensure the efficient use of resources, reduce the duration of work and lower the cost of building production, it is necessary to formalize the key organizational, technological, technical, economic, social and managerial factors. These factors characterize the specifics of creating sustainable low-rise residential buildings and influence the technical and economic indicators of the projects.

Keywords: sustainable development; sustainable construction; residential construction; building life cycle; efficiency

Постановка проблеми. Задля досягнення спільного кращого майбутнього необхідно дотримуватися принципів концепції сталого розвитку, зокрема виявляти відповідальне ставлення до довкілля в усіх сферах життєдіяльності людини.

Згідно з [1], однією зі складових сталого розвитку є сталий розвиток міст і громад. Це, зокрема, передбачає забезпечення доступним, безпечним і недорогим житлом, екологічно стійку урбанізацію, сприяння будівництву екологічно стійких і міцних будівель із використанням місцевих матеріалів.

Відповідно до [2], однією з основних цілей сталого розвитку України є забезпечення відкритості, безпеки, життєстійкості та екологічної стійкості міст.

Зважаючи на це, одним із напрямків розвитку міст є будівництво доступного житла, заснованого на принципах сталості, тобто створення екологічно дружніх, енергоефективних та міцних будівель із використанням місцевих матеріалів.

Аналіз публікацій. У світовій практиці не існує загальноприйнятого визначення терміну «сталість будівель». Тому розглянемо різні підходи до визначення змісту терміну «сталість будівель» (табл.).

Таблиця

Підходи до визначення змісту терміну «сталість будівель»

№ з/п	Джерело	Тлумачення
1	Sustainable Development Commission [3]	Сталий розвиток – це розвиток, який задовольняє потреби сьогодення, не ставлячи під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби. Концепцію сталого розвитку можна інтерпретувати по-різному, але в її основі лежить підхід до розвитку, який прагне збалансувати різні, часто конкуруючі потреби з усвідомленням екологічних, соціальних та економічних обмежень, із якими стикається суспільство.
2	Mind Scope [4]	Сталість будівель – це властивість споруди витримувати вплив часу, забезпечуючи її довговічність та стійкість до зносу. Сталість передбачає створення будівель, які залишатимуться функціональними та естетично привабливими протягом тривалого періоду, з мінімальною потребою в обслуговуванні та ремонті. Для забезпечення сталості будівель використовуються високоякісні та довговічні матеріали, які мають мінімальний негативний вплив на довкілля. Окрім того, враховуються аспекти енергоефективності та зменшення викидів CO ₂ під час будівництва, що сприяє підвищенню сталості будівель та зменшенню їхнього впливу на кліматичні зміни.
3	Hari Srinivas [5]	Сталість будівлі – це її здатність підтримувати або покращувати якість життя та гармоніювати з місцевим кліматом, навколишнім середовищем, зберігати енергію, ресурси та матеріали для вторинного перероблення, а також підтримувати таку систему протягом усього життєвого циклу будівлі.
4	ДСТУ ISO 15392:2022 [6]	Сталість будівлі – це здатність забезпечувати необхідну продуктивність та функціональність із мінімальним несприятливим впливом на навколишнє середовище, одночасно сприяючи покращенню економічних та соціальних аспектів.

Таким чином, можемо констатувати, що представлені в таблиці 1 підходи до визначення змісту терміну «сталість будівель» не є суперечливими, а радше взаємодоповнюючими [7; 8].

Реалізація принципів сталого розвитку у житловому малоповерховому будівництві потребує системного підходу, за якого досягається баланс між усіма взаємопов'язаними складовими. Наприклад, використання енергоефективних технологій (технологічна складова) не лише дозволяє скоротити витрати на етапі експлуатації (економічний чинник), але й забезпечує скорочення викидів (екологічний чинник) та поліпшує комфортність (соціальний чинник) [9–14].

Тобто стале будівництво – це процес створення будівель, які є екологічно чистими та ресурсоефективними протягом усього життєвого циклу (проектування, будівництво, експлуатація, ремонт, реконструкція, ліквідація). Такий підхід до будівництва житлових будинків розширює і доповнює традиційний підхід до проектування і спорудження будівель із точки зору їх економічності, корисності, довговічності та комфортності.

Згідно з [15; 16], проектування і будівництво сталих будівель коштує

дорожче, ніж традиційних будівель. Проте вигоди, отримувані на етапі експлуатації сталих будівель, є суттєво більшими за різницю у вартості будівництва традиційних і сталих будівель.

Вигоди від створення та експлуатації сталих будівель включають не лише матеріальні вигоди (економію завдяки підвищенню енергоефективності, зменшенню споживання ресурсів, переробленню відходів), а також нематеріальні вигоди (покращення комфорту в житлових приміщеннях, поліпшення здоров'я мешканців тощо).

Проте на сьогодні відсутнє вичерпне наукове обґрунтування прогнозованих техніко-економічних показників проєктів створення сталих малоповерхових житлових будівель, яке б враховувало вплив визначальних організаційно-технологічних, технічних, економічних, соціальних та управлінських факторів.

Метою статті є аналіз чинників, які визначають сталість будівель, зокрема їх інклюзивність, безпечність, життєстійкість та збалансованість.

Результати досліджень. Сталість будівель формується на етапі проектування та будівництва і споживається на етапі експлуатації (рис. 1).



Рис. 1. Складові забезпечення сталості житлових будівель протягом їх життєвого циклу

Виконаний аналітичний огляд літературних джерел [4; 5; 7–17] та проєктів малоповерхового житлового будівництва дозволив встановити, що до основних чинників, які здійснюють вплив на

тривалість виробництва робіт та вартість будівництва сталих малоповерхових житлових будівель, належать такі: технічні, технологічні, економічні, екологічні та соціальні (рис. 2).

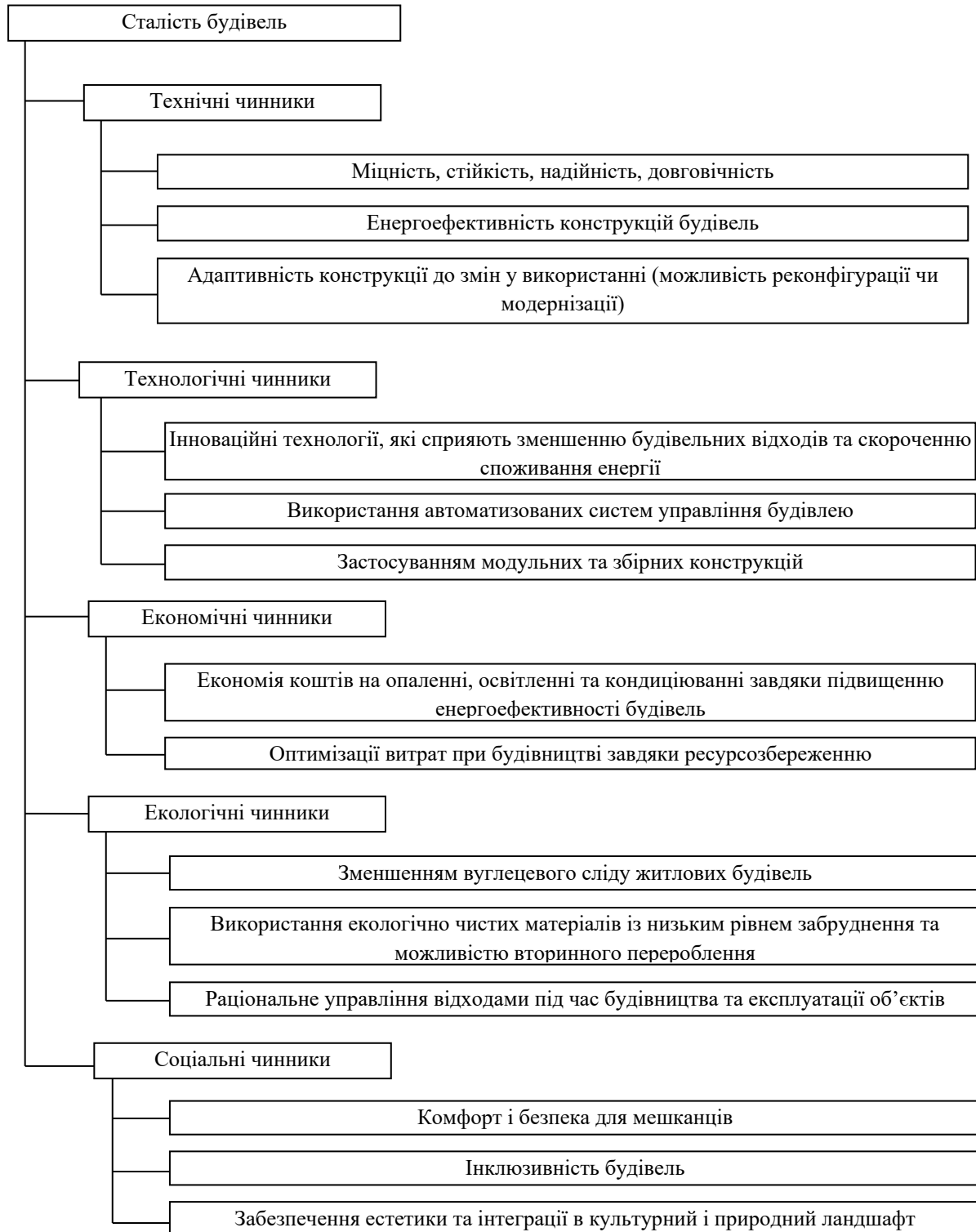


Рис. 2. Чинники, що характеризують сталість будівель

Тому розглянемо детальніше чинники сталості на кожному з етапів життєвого циклу малоповерхових житлових будівель.

Сталість малоповерхових житлових будівель на етапі їх проєктування передбачає створення економічного та комфортного середовища для людей при зменшенні негативного впливу на довкілля.

Технічними складовими сталості будівель на етапі їх проєктування є довговічність та надійність, які передбачають:

- міцність та стійкість матеріалів до зовнішніх впливів (корозія, вологість, температурні коливання тощо);
- енергоефективність конструкцій будівель (мінімізація тепловтрат);
- адаптивність конструкцій до змін у використанні (можливість реконфігурації чи модернізації).

Технологічні аспекти сталості малоповерхових житлових будівель на етапі їх проєктування пов'язані з впроваджуваними інноваційними рішеннями:

- інноваційними технологіями, які сприяють зменшенню будівельних відходів та скороченню споживання енергії;
- використанням автоматизованих систем управління будівлею («розумні» будівлі);
- застосуванням модульних та збірних конструкцій, що дозволяє знизити витрати матеріалів і часу.

Економічні аспекти сталості будівель на етапі їх проєктування асоціюються з орієнтацією на зниження витрат протягом усього життєвого циклу будівлі, насамперед завдяки:

- підвищенню енергоефективності, що забезпечує економію коштів на опаленні, освітленні та кондиціонуванні;
- оптимізації витрат при будівництві (використання місцевих матеріалів та ресурсів).

З екологічної точки зору сталість будівель на етапі їх проєктування пов'язана зі збереженням природних ресурсів і зменшенням негативного впливу будівництва на довкілля, що забезпечується:

– зменшенням вуглецевого сліду житлових будівель завдяки впровадженню енерго- та ресурсозберігальних рішень (термомодернізація, використання відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячних панелей, теплових насосів тощо);

– використання екологічно чистих матеріалів із низьким рівнем забруднення та можливістю вторинного перероблення;

– раціональне управління відходами під час будівництва та експлуатації об'єктів.

Соціальні аспекти сталості будівель на етапі їх проєктування пов'язані з забезпеченням задоволення потреб людей і покращення якості їх життя, а саме:

- комфорт і безпека для мешканців (захист від шуму, якість повітря, природне освітлення);
- створення інклюзивних будівель;
- забезпечення естетики та інтеграції в культурний і природний ландшафт.

Дотримання вимог щодо сталості житлових будівель ще на етапі їх проєктування забезпечить не лише збереження ресурсів, але й створить сприятливі умови для людей, що в них житимуть. Адже це є одним із перспективних напрямів сучасного будівництва, реалізація якого забезпечить розвиток суспільства та збереження планети для майбутніх поколінь.

Сталість малоповерхових житлових будівель на етапі їх будівництва пов'язана з забезпеченням ефективного використання обмежених ресурсів із дотриманням балансу між технічними, технологічними, економічними, екологічними та соціальними чинниками.

Технічні складові сталості будівель на етапі їх будівництва пов'язані з забезпеченням довговічності та надійності будівель:

- довговічність матеріалів: використання таких, що мають тривалий термін служби, стійкі до зовнішніх впливів (вологість, температурні перепади, корозія);
- енергоефективність конструкцій: утеплення стін, використання енергоефективних вікон, герметизація стиків;

- ресурсозберігальні інженерні системи: застосування сучасних систем опалення, вентиляції та кондиціювання;

- міцність і сейсмостійкість;

- гнучкість конструкцій: можливість модифікації чи адаптації будівлі до змін у її функціональному призначенні.

Технологічні складові сталості будівель на етапі їх будівництва пов'язані з застосуванням новітніх технологій, які відіграють ключову роль у скороченні негативного впливу процесу будівництва на навколишнє природне середовище:

- технології 3D-друкування для створення як окремих елементів, так і будівлі в цілому;

- будівельного інформаційного моделювання тощо.

Економічні чинники сталості будівель на етапі їх будівництва пов'язані з раціональним використанням ресурсів та отриманням вигоди в довгостроковій перспективі:

- використання місцевих ресурсів для зменшення витрат на транспортування;

- застосування природних та перероблених матеріалів;

- зниження витрат на енергоспоживання через встановлення сучасних систем утеплення, освітлення та опалення тощо.

Екологічні чинники сталості будівель на етапі їх будівництва орієнтовані на мінімізацію негативного впливу на довкілля та сприяння раціональному використанню природних ресурсів:

- використання відновлюваних джерел енергії;

- застосування екологічно чистих матеріалів;

- мінімізація кількості будівельних відходів завдяки вторинному переробленню та повторному використанню.

Соціальна сталість будівель на етапі їх будівництва пов'язана зі створенням комфортного середовища для людей, зокрема шляхом створення просторів для відпочинку, зелених зон тощо.

Сталість будівель на етапі їх експлуатації визначається їх здатністю

функціонувати безпечно, екологічно та економічно. Це означає мінімізацію негативного впливу на довкілля, зниження витрат на утримання, забезпечення комфортного середовища для користувачів та соціальну відповідальність.

Технічні складові сталості будівель на етапі їх експлуатації пов'язані з безвідмовною роботою всіх конструкцій і систем будівлі без значних витрат на їх обслуговування:

- проведення профілактичних оглядів і, за потреби, ремонтів;

- впровадження систем моніторингу для контролю стану конструкцій, температури, вологості та інших параметрів тощо.

Технологічні складові сталості будівель на етапі їх експлуатації забезпечується інноваційними рішеннями, які полегшують ефективну експлуатацію:

- застосування розумних систем освітлення;

- застосування приладів обліку споживання ресурсів;

- використання технологій рекуперації повітря тощо.

Економічні складові сталості будівель на етапі їх експлуатації орієнтовані на:

- зниження комунальних витрат;

- мінімізацію витрат на ремонт завдяки регулярному технічному обслуговуванню;

- зростання ринкової вартості об'єкту завдяки отриманню сертифікату LEED / BREEAM, наявність якого збільшує привабливість будівлі на ринку житлової нерухомості.

Екологічні складові сталості будівель на етапі їх експлуатації пов'язані з:

- впровадженням системи сортування і перероблення сміття;

- ощадливим споживанням ресурсів;

- використанням системи збирання та використання дощової води;

- застосуваннях відновлюваних джерел енергії тощо.

Соціальні складові сталості будівель на етапі їх експлуатації пов'язані з забезпеченням комфорту і добробуту мешканців будівлі.

Сталий підхід до експлуатації будівель не лише зберігає ресурси та скорочує витрати, а й створює комфортні умови для життя, сприяючи гармонії між людиною, технологіями та природою.

Висновки

Житлове будівництво, засноване на принципах сталого розвитку, дозволяє створювати якісні простори для життя, мінімізувати негативний вплив на навколишнє природне середовище та сприяє економічному зростанню.

При створенні сталих малоповерхових житлових будівель необхідно приймати науково обґрунтовані рішення, які

забезпечуватимуть ефективне використання ресурсів, скорочення тривалості виробництва робіт і зниження вартості будівельної продукції.

Для цього передусім необхідно здійснити відбір визначальних організаційно-технологічних, технічних, економічних, екологічних і соціальних факторів, які характеризують особливості створення сталих малоповерхових житлових будівель та впливають на техніко-економічні показники таких проєктів із застосуванням методів експертного оцінювання з подальшою формалізацією цих факторів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 17 Цілей сталого розвитку. URL: <https://globalcompact.org.ua/tsili-stijkogo-rozvytku/>
2. Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року. Указ Президента України від 30 вересня 2019 р. № 722/2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text>
3. Sustainable Development Commission. URL: <https://www.sd-commission.org.uk/pages/what-is-sustainable-development.html#:~:text=%22Sustainable%20development%20is%20development%20that,to%20meet%20their%20own%20needs.%22>
4. Mind Scope. Вплив зеленої архітектури на сталість та екологічність будівель. URL: <https://mindscope.biz.ua/vplyv-zelenoyi-arhitektury-na-stalist-ta-ekologichnist-budivel/>
5. Srinivas H. What is a green or sustainable building? URL: <https://www.gdrc.org/uem/green-const/1-what.html>
6. ДСТУ ISO 15392:2022 (ISO 15392:2019, IDT). Сталість в будівлях та будівельних роботах. Загальні принципи. URL: https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=98250
7. Green Building. Basic Information. URL: <https://archive.epa.gov/greenbuilding/web/html/about.html>
8. Yeang K., Spector A. Green design : from theory to practice. London : Black Dog, 2011. 144 p.
9. Horvath A. Construction Materials and the Environment. *Annual Review of Environment and Resources*. 2004. Vol. 29. Pp. 181–204. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.29.062403.102215>
10. Поколенко В. О., Рижакова Г. М., Приходько Д. О. Запровадження інструментарію вибору альтернатив реалізації будівельних проєктів за функціонально-технічною надійністю організацій-виконавців. *Управління розвитком складних систем*. 2014. Вип. 19. С. 108–114.
11. Turner C., Frankel M. Energy Performance of LEED® for New Construction Buildings. Final Report. March 4, 2008. <https://s3.amazonaws.com/legacy.usgbc.org/usgbc/docs/Archive/General/Docs3930.pdf>
12. U.S. Department of Energy. Energy Saver. Home Comfort. Home Heating Systems. Furnaces and Boilers. URL: <https://www.energy.gov/energysaver/furnaces-and-boilers>
13. Characterization of Building-Related Construction and Demolition Debris in the United States. URL: https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-03/documents/character_bulding_related_cd.pdf
14. Коссе І. Перероблення будівельних відходів : виклики та можливості для України. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/3826490-pereroblenna-budivelnih-vidhodiv-vikliki-ta-mozlivosti-dla-ukraini.html>
15. Henderson J., Fowler K. Assessing Green Building Performance. A Post Occupancy Evaluation of 14 Air Force Buildings. PNNL-23426 Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington. https://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-23426.pdf
16. Costs and Financial Benefits of Undertaking Green Building Assessments. Final Report. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/61012785.pdf>
17. The social benefits of lowering carbon. URL: <https://www.usgbc.org/articles/social-benefits-lowering-carbon>

REFERENCES

1. 17 Tsilei staloho rozvytku [17 Sustainable Development Goals]. URL: <https://globalcompact.org.ua/tsili-stijkogo-rozvytku/> (in Ukrainian).

2. *Pro Tsili staloho rozvytku Ukrainy na period do 2030 roku: Ukaz Prezidenta Ukrainy vid 30 veresnia 2019 r. № 722/2019* [On the Sustainable Development Goals of Ukraine for the period up to 2030: Decree of the President of Ukraine of 30 September 2019, № 722/2019]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text> (in Ukrainian).
3. Sustainable Development Commission. URL: <https://www.sd-commission.org.uk/pages/what-is-sustainable-development.html#:~:text=%22Sustainable%20development%20is%20development%20that,to%20meet%20their%20own%20needs.%22>
4. *Mind Scope. Vplyv zelenoi arkhitektury na stalist ta ekolohichnist budivel* [The impact of green architecture on the sustainability and environmental friendliness of buildings]. URL: <https://mindscope.biz.ua/vplyv-zelenoyi-arhitektury-na-stalist-ta-ekologichnist-budivel/> (in Ukrainian).
5. Srinivas H. What is a green or sustainable building? URL: <https://www.gdrc.org/uem/green-const/1-what.html>
6. DSTU ISO 15392:2022 (ISO 15392:2019, IDT). *Stalist v budivliakh ta budivelnykh robotakh. Zahalni pryncypy* [Sustainability in buildings and construction work. General principles]. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=98250 (in Ukrainian).
7. Green Building. Basic Information. URL: <https://archive.epa.gov/greenbuilding/web/html/about.html>
8. Yeang K., Spector A. Green design: from theory to practice. London : Black Dog, 2011. 144 p.
9. Horvath A. Construction Materials and the Environment. Annual Review of Environment and Resources. 2004, vol. 29, pp. 181–204. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.29.062403.102215>
10. Pokolenko V.O., Ryzhakova H.M. and Prykhodko D.O. *Zaprovdzhennia instrumentarii vyboru alternatyv realizatsii budivelnykh proektiv za funktsionalno-tekhnichnoi nadiinistiu orhanizatsii-vykonavtsiv* [Introduction of a toolkit for selecting alternatives for the implementation of construction projects based on the functional and technical reliability of implementing organizations]. *Upravlinnya rozvytkom skladnykh system* [Management of Development of Complex Systems]. 2014, iss. 19, pp. 108–114. (in Ukrainian).
11. Turner C. and Frankel M. Energy Performance of LEED® for New Construction Buildings. Final Report. March 4, 2008. <https://s3.amazonaws.com/legacy.usgbc.org/usgbc/docs/Archive/General/Docs3930.pdf>
12. U.S. Department of Energy. Energy Saver. Home Comfort. Home Heating Systems. Furnaces and Boilers. URL: <https://www.energy.gov/energysaver/furnaces-and-boilers>
13. Characterization of Building-Related Construction and Demolition Debris in the United States. URL: https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-03/documents/characterization_of_building_related_cd.pdf
14. Kosse I. *Pereroblennia budivelnykh vidkhodiv : vyklyky ta mozhlyvosti dlia Ukrainy* [Recycling of construction waste : challenges and opportunities for Ukraine]. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/3826490-pereroblenna-budivelnih-vidhodiv-viklyki-ta-mozlivosti-dla-ukraini.html> (in Ukrainian).
15. Henderson J. and Fowler K. Assessing Green Building Performance. A Post Occupancy Evaluation of 14 Air Force Buildings. PNNL-23426 Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington. https://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-23426.pdf
16. Costs and Financial Benefits of Undertaking Green Building Assessments. Final Report. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/61012785.pdf>
17. The social benefits of lowering carbon. URL: <https://www.usgbc.org/articles/social-benefits-lowering-carbon>

Надійшла до редакції: 19.04.2025.