

Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет будівництва і архітектури

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

СИВОЛАП ЮЛІЯ ВОЛОДИМИРІВНА

УДК 69.059:[338.512:005.8]](477)(043.3)

ДИСЕРТАЦІЯ
**ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ
УПРАВЛІННЯ ВАРТІСТЮ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ
ОБ'ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА**

05 – Соціальні та поведінкові науки
051 – Економіка

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело
Юлія СИВОЛАП

Науковий керівник: Титок Вікторія Вікторівна, кандидат економічних наук,
доцент

Київ – 2025

АНОТАЦІЯ

Сиволап Ю.В. Організаційно-економічний інструментарій управління вартістю життєвого циклу об'єктів будівництва. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 051 – Економіка, галузь знань 05 – Соціальні та поведінкові науки. – Київський національний університет будівництва і архітектури, Міністерство освіти і науки України, Київ, 2025 р.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню важливого науково-прикладного завдання – удосконалення механізмів управління вартістю життєвого циклу об'єктів будівництва на основі розробки комплексного організаційно-економічного інструментарію. У дослідженні системно обґрунтовано підходи до структуризації життєвого циклу будівельних об'єктів, визначено його ключові етапи та чинники формування вартості, що є критично важливим в умовах трансформаційних процесів та викликів військової агресії.

Розкрито сутність сучасних інструментів управління вартістю на фазах планування, проектування, будівництва, експлуатації та утилізації. На основі узагальнення зарубіжного і вітчизняного досвіду проаналізовано методології оцінки повної вартості володіння (TCO), життєвого циклу (LCC), функціонально-вартісного аналізу та математичного моделювання. Запропоновано підходи до поєднання цих методів з цифровими технологіями (BIM, ERP, PPM) для підвищення ефективності управління будівельними проєктами у реальному часі.

Актуальність теми дисертації зумовлена значними руйнуваннями інфраструктури та житлового фонду України внаслідок військових дій, що вимагає негайного, прозорого й ефективного управління процесами відновлення та нового будівництва. Оптимізація витрат та раціональне використання ресурсів на всіх етапах життєвого циклу об'єктів будівництва набуває стратегічного значення для забезпечення сталого розвитку. Зростаючі вимоги до принципів циркулярної економіки, впровадження інноваційних технологій (BIM), а також необхідність ефективного управління знеціненням житлового фонду висувають

нові виклики, що зумовлюють нагальність розробки та вдосконалення відповідного організаційно-економічного інструментарію.

Метою роботи є наукове обґрунтування, розробка і впровадження теоретико-методичних засад і прикладних напрямів удосконалення організаційно-економічного управління вартістю життєвого циклу об'єкта будівництва в Україні.

Об'єктом дослідження виступають процеси та механізми управління вартістю будівельних об'єктів на всіх етапах їх життєвого циклу.

Предметом дослідження є теоретико-методичні і практичні засади формування дієвого інструментарію управління життєвим циклом об'єктів будівництва.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у розробці організаційно-економічного інструментарію управління вартістю життєвого циклу об'єктів будівництва, що базується на інтегрованому підході до врахування інноваційних аспектів, зокрема розробки індикаторів знецінення житлового фонду на основі функціонального зносу та оновленої періодизації життєвого циклу.

Удосконалено:

- методичний підхід до оцінки вартості життєвого циклу будівельних об'єктів, який інтегрує чинник часу, дисконтування витрат та індексацію цін, забезпечуючи підвищену точність визначення економічної доцільності інвестиційних рішень та обґрунтований вибір проєктів з довгостроковою перспективою;

- підхід до вибору оптимального варіанту будівництва, заснований на комплексному порівнянні капітальних, експлуатаційних витрат та витрат на утримання. Це забезпечує стратегічно обґрунтоване управління ресурсами та мінімізацію сукупних витрат на всіх етапах життєвого циклу;

- математичну модель порівняльного аналізу варіантів реалізації будівельних об'єктів, яка використовує критерії NPV, IRR та DPP. Ця модель дає змогу об'єктивно оцінити економічну ефективність та строк окупності інвестицій, надаючи надійний інструмент для прийняття зважених фінансових рішень.

Набули подальшого розвитку:

- визначення терміну «життєвий цикл об'єкта будівництва в умовах воєнної та поствоєнної відбудови» як безперервного процесу від обґрунтування потреби до утилізації, з акцентом на стійкість, енергоефективність, безпеку, управління пошкодженнями, соціальну справедливість та психологічне відновлення громад;
- концепція управління витратами на всіх етапах життєвого циклу будівельного об'єкта, яка інтегрує договірне ціноутворення, транспортне планування та технічне обслуговування обладнання, забезпечуючи комплексний контроль та оптимізацію витрат;
- методологія застосування сучасних цифрових інструментів (BIM-технологій, аналітичних платформ, математичного моделювання) для контролю та оптимізації вартості життєвого циклу, що дозволяє автоматизувати збір та аналіз даних, підвищити точність прогнозів і прозорість фінансових потоків;
- підхід до розробки індикаторів знецінення житлового фонду, що ґрунтується на функціональному зносі та оновленій періодизації життєвого циклу об'єктів. Цей підхід дозволяє точніше ідентифікувати етапи втрати вартості та приймати обґрунтовані рішення щодо реновації або реконструкції, із застосуванням методів нечіткого логічного висновку типу Сугено для підвищення надійності розрахунків за неповних даних;
- практичні рекомендації щодо зниження витрат на перевезення та ремонт техніки, що базуються на застосуванні транспортної задачі та динамічного програмування. Ці рекомендації сприяють зменшенню непродуктивних витрат, мінімізації простоїв техніки та оптимізації логістичних процесів у будівництві.

Практична цінність роботи підтверджена позитивними впровадженнями її результатів у практику діяльності ТОВ «Національний атестаційно-навчальний центр», ТОВ «Енерго Інжиніринг» та ТОВ «Науково-дослідний центр ціноутворення та кошторисного нормування у будівництві «Цінобуд»», а також використанням у навчальному процесі Київського національного університету будівництва і архітектури.

У межах дослідження розглянуто комплекс заходів із впровадження параметричного складання кошторисів та автоматизації збору даних про витрати матеріалів і робіт. Аналіз чутливості виявив, що вплив ключових ресурсів (наприклад, вартості бетонних робіт та монтажу інженерних систем) на загальну вартість LCC перевищує 60 %. Рекомендовано використовувати електронні кошторисні комплекси, інтегровані з BIM-технологіями, що забезпечує зменшення людських помилок та скорочення часу формування кошторису на 25 %, сприяючи точному контролю бюджетів та зниженню ризику перевитрат на ранніх етапах проєкту.

Сформульовано та оптимізовано задачу мінімізації транспортних витрат як класичну транспортну задачу з обмеженнями на пропускну спроможність складів і потребу будмайданчиків. На основі фактичних тарифів та даних про відстані показано, що оптимізація маршрутів дозволяє зекономити до 12 % від річного бюджету на логістику. Розроблена Excel-модель автоматично генерує оптимальні плани перевезень при зміні вихідних даних, забезпечуючи високу гнучкість логістичного планування.

Досліджено задачу розподілу ресурсів на ремонт техніки з урахуванням простоїв. Модель динамічного програмування дозволила визначити оптимальний графік ремонтів, який мінімізує сумарні витрати на технічне обслуговування та втрати від простою машин. Порівняння аварійного та планово-профілактичного ремонтів показало до 18 % економії при переході на профілактичний графік, що підтвердило доцільність інвестування в систему моніторингу стану техніки та регулярне обслуговування.

Побудовано багатокритеріальну модель LCC для трьох варіантів конструктивного рішення фельдшерсько-акушерського пункту. Оцінка включала капітальні, експлуатаційні та реноваційні витрати за 25 років, а також розрахунки NPV, IRR та DPP. Найвигіднішим виявився Варіант 3: попри найвищу початкову вартість (8,22 млн грн), він має найнижчі сукупні витрати LCC (16,23 млн грн) і найкоротший термін окупності ($DPP \approx 18,7$ р.). Це підкреслює критичну

важливість комплексного підходу, де інвестиції в більш дорогі матеріали та системи зменшують довгострокові експлуатаційні витрати.

Проведені дослідження підтверджують ефективність інтегрованого застосування організаційно-економічних, математичних та інформаційних методів управління вартістю життєвого циклу будівельних об'єктів. Накопичений досвід та розроблений інструментарій можуть бути використані як шаблон для різних типів будівельних проєктів. Реалізація запропонованих підходів дозволяє підвищити прозорість фінансових процесів, зменшити загальний ризик перевитрат щонайменше на 10–15 %, а також забезпечує можливість гнучкого реагування на зміну ринкових умов і технічних вимог протягом усього життєвого циклу об'єкта. Запропонований інструментарій може бути використаний забудовниками, інвесторами, проєктувальниками, органами публічної влади у процесі прийняття управлінських рішень, спрямованих на зниження вартості, підвищення енергоефективності та забезпечення стійкості будівель у довгостроковій перспективі.

Ключові слова: будівельні об'єкти, BIM-технології, сталий розвиток, економічна ефективність, цифрова трансформація, інноваційні технології, фінансування будівництва, оцінка життєвого циклу, життєвий цикл об'єкту будівництва, етапи життєвого циклу об'єкта будівництва, будівництво, енергоефективність, ризики, цифровізація, управління вартістю, оптимізація витрат, вартість будівництва, лінійне програмування, LCA (Life Cycle Analysis), LCC (Life Cycle Costing), LCCA (Life Cycle Cost Analysis), WBLCA (Whole Building Life Cycle Assessment).

ABSTRACT

Syvolap Yu.V. Organizational and economic tools for managing the life cycle cost of construction projects.

Thesis for the Doctor of Philosophy degree in specialty 051 – Economics, branch of knowledge 05 – Social and behavioral sciences. – Kyiv National University of Construction and Architecture, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2025.

This dissertation addresses a significant applied scientific problem – the improvement of mechanisms for managing the life cycle cost (LCC) of construction projects by developing a comprehensive organizational and economic toolkit. The study provides a systematic justification of approaches to structuring the building life cycle, identifying its key stages and cost-forming factors, which is critically important in the context of transformational processes and challenges caused by military aggression.

The essence of modern cost management tools is revealed for the stages of planning, design, construction, operation, and decommissioning. Based on the synthesis of foreign and domestic experience, the research analyzes methodologies for assessing total cost of ownership (TCO), life cycle costing (LCC), functional cost analysis, and mathematical modeling. Approaches are proposed to integrate these methods with digital technologies (BIM, ERP, PPM) to enhance real-time management of construction projects.

The relevance of the research is driven by extensive destruction of infrastructure and housing in Ukraine due to military actions, requiring urgent, transparent, and effective management of reconstruction and new construction processes. Cost optimization and rational resource use at all life cycle stages have become strategically important for ensuring sustainable development. Increasing requirements for circular economy principles, the introduction of innovative technologies (such as BIM), and the need for efficient depreciation management of housing stock create new challenges that call for the development and improvement of relevant organizational and economic tools.

The aim of the study is to scientifically substantiate, develop, and implement theoretical-methodological foundations and practical directions for improving organizational and economic management of the life cycle cost of construction projects in Ukraine.

The object of the study is the processes and mechanisms for managing the cost of construction projects at all stages of their life cycle.

The subject of the research is the theoretical, methodological, and practical foundations for forming effective tools for managing the life cycle of construction objects.

Scientific novelty lies in the development of a comprehensive organizational and economic toolkit for managing the life cycle cost of construction projects, based on an integrated approach that considers innovative aspects, including the development of housing stock depreciation indicators based on functional obsolescence and an updated periodization of the life cycle.

Improved:

- a methodological approach to life cycle cost assessment of construction objects integrating time factor, cost discounting, and price indexing, ensuring higher accuracy of investment decision-making and long-term project selection;
- a framework for selecting optimal construction alternatives through comprehensive comparison of capital, operational, and maintenance costs, enabling strategic resource management and minimization of total lcc;
- a mathematical model for comparative analysis of project implementation options using npv, irr, and dpp criteria, offering an objective evaluation of investment efficiency and payback periods for informed financial decisions.

Further developed:

- the definition of the term "life cycle of a construction project in conditions of wartime and post-war recovery" as a continuous process from needs assessment to decommissioning, emphasizing sustainability, energy efficiency, safety, damage management, social justice, and psychological recovery of communities;

- the concept of cost management throughout the construction life cycle, integrating contract pricing, transport planning, and equipment maintenance for comprehensive cost control and optimization;
- methodology for applying modern digital tools (bim technologies, analytical platforms, mathematical modeling) for cost control and optimization throughout the life cycle, enabling automated data collection and analysis, improved forecast accuracy, and transparency of financial flows;
- an approach to developing depreciation indicators for the housing stock based on functional obsolescence and updated life cycle periodization, enabling more precise identification of value loss stages and informed decisions on renovation or reconstruction, using sugeno-type fuzzy inference for enhanced reliability under incomplete data;
- practical recommendations for reducing transportation and equipment repair costs based on transportation problem solving and dynamic programming, reducing idle time and optimizing construction logistics.

The practical significance of the study is confirmed by the implementation of its results in the activities of LLC “National Certification and Training Center”, LLC “Energo Engineering”, and LLC “Research Center for Pricing and Estimating in Construction ‘Tsinobud’”, as well as in the educational process of Kyiv National University of Construction and Architecture.

The study presents a set of measures for the implementation of parametric cost estimation and automated data collection on materials and labor costs. Sensitivity analysis shows that the influence of key resources (e.g., concrete works and MEP systems) on total LCC exceeds 60%. It is recommended to use electronic estimation tools integrated with BIM technologies, which reduce human error and estimation time by 25%, improving budget control and reducing cost overruns at early project stages.

A transportation cost minimization problem was formulated as a classical transportation model with constraints on warehouse capacities and construction site needs. Based on real tariffs and distance data, optimized routing saved up to 12% of the

annual logistics budget. The developed Excel model automatically generates optimal transport plans upon input changes, providing high flexibility in logistics planning.

A resource allocation model for equipment repair under idle constraints was also studied. The dynamic programming approach enabled optimization of maintenance schedules, minimizing service and downtime costs. Transitioning from reactive to preventive maintenance yielded up to 18% savings, justifying investments in monitoring systems and regular servicing.

A multi-criteria LCC model was developed for three structural options of a feldsher-midwife station. The evaluation included capital, operational, and renovation costs over 25 years, along with NPV, IRR, and DPP calculations. Option 3 proved most cost-effective: despite the highest initial cost (UAH 8.22 million), it had the lowest total LCC (UAH 16.23 million) and shortest payback period ($DPP \approx 18.7$ years). This underscores the importance of a comprehensive approach where higher upfront investments reduce long-term operating costs.

The conducted research confirms the effectiveness of integrating organizational-economic, mathematical, and digital methods for managing life cycle cost of construction projects. The developed toolkit and accumulated experience can serve as a template for various types of construction projects. Implementing the proposed approaches enhances financial transparency, reduces cost overrun risks by 10–15%, and allows flexible adaptation to changing market and technical conditions throughout the project life cycle. The proposed tools can be used by developers, investors, designers, and public authorities in decision-making processes aimed at reducing costs, improving energy efficiency, and ensuring the long-term sustainability of buildings.

Keywords: construction projects, BIM technologies, sustainable development, economic efficiency, digital transformation, innovative technologies, construction financing, life cycle assessment, building life cycle, life cycle stages, construction, energy efficiency, risk management, digitalization, cost management, cost optimization, construction cost, linear programming, LCA (Life Cycle Analysis), LCC (Life Cycle Costing), LCCA (Life Cycle Cost Analysis), WBLCA (Whole Building Life Cycle Assessment).

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у періодичних наукових виданнях, що увійшли до переліку наукових фахових видань України:

1. Титок В.В., Сиволап Ю.В. Організаційно-економічне управління вартістю життєвого циклу будівельних об'єктів: проблеми та шляхи розв'язання. *Здобутки економіки: перспективи та інновації*, 2025, (15). <https://doi.org/10.5281/zenodo.14881912> *Особистий внесок здобувачки: визначено перспективні шляхи розв'язання організаційно-економічного управління вартістю життєвого циклу об'єктів будівництва, а також систематизовано чинники, що впливають на формування вартості протягом усього життєвого циклу.*

2. Титок В., Сиволап Ю. Обґрунтування значущості вибору проєктного рішення та його вплив на загальну вартість життєвого циклу будівельного об'єкта. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 2025, 55(1), 273–284. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55\(1\).273-284](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55(1).273-284) *Особистий внесок здобувачки: досліджено вплив вибору проєктного рішення на загальну вартість життєвого циклу будівельного об'єкта, розкрито механізми формування вартості на ранніх етапах та обґрунтовано значущість прийняття ефективних рішень для оптимізації витрат.*

3. Сиволап Ю.В., Титок В.В. Економічні переваги використання BIM-технологій у будівельній сфері. *Інвестиції: практика та досвід*. 2024. №6. С. 170-175. <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2024.6.170> *Особистий внесок здобувачки: визначено та проаналізовано економічні переваги впровадження BIM-технологій для управління вартістю життєвого циклу об'єктів будівництва, зокрема в частині підвищення ефективності планування, контролю та оптимізації витрат.*

4. Сиволап Ю.В., Титок В.В. Методи оцінки життєвого циклу будівництва та їх ключові особливості. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2023. № 52(1). С. 101-109. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.52\(1\).101-109](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.52(1).101-109). *Особистий внесок здобувачки: систематизовано та узагальнено існуючі методи оцінки вартості життєвого циклу будівельних об'єктів,*

виокремлено їх ключові особливості, переваги та недоліки для подальшого формування організаційно-економічного інструментарію.

5. Титок В.В., Сиволап Ю.В. Дослідження впливу вибору виду фасадних систем за допомогою ABC-аналізу на вартість життєвого циклу об'єкта будівництва. *Будівельне виробництво*. 2023. №76. С. 49-52. <https://doi.org/10.36750/2524-2555.76.49-52> *Особистий внесок здобувачки: досліджено вплив вибору окремих конструктивних елементів на вартість життєвого циклу об'єкта будівництва, що дозволило виявити критичні компоненти вартості та обґрунтувати рекомендації щодо її оптимізації.*

*Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:
тези доповідей на конференціях*

6. Сиволап Ю.В. Використання вартості життєвого циклу як критерію оцінювання тендерних пропозицій. *XVI-а загальноукраїнська науково-практична конференція «Визначення вартості об'єктів будівництва, проектних, будівельно-монтажних та ремонтно-будівельних робіт із застосуванням сучасних технологій. Управління вартістю життєвого циклу об'єктів – 2024»* 28-31 травня 2024р. м. Івано-Франківськ.

7. Сиволап Ю.В., Титок В.В. Методологічні аспекти оптимізації вартості життєвого циклу об'єктів будівництва. *Проблеми генезису економіки інтелектуально-інноваційного капіталу: матеріали доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції* (м. Київ, 7-8 листопада 2023 року) у 2-х ч. / за заг. ред. В. М. Лича. Ч. 1. Київ: КНУБА, 2023. С. 181-182. *Особистий внесок здобувачки: досліджено методологічні підходи до оптимізації вартості життєвого циклу об'єктів будівництва, виявлено основні інструменти та принципи, які сприяють зниженню витрат та підвищенню ефективності протягом усього періоду експлуатації.*

8. Сиволап Ю.В., Титок В.В. Методологія управління вартістю на передпроектному етапі життєвого циклу об'єкту будівництва. *XVII Міжнародна конференція «Стратегія якості в промисловості і освіті»* 5-8 червня 2023 р., Варна, Болгарія: Матеріали. Електронне видання. Дніпро, Журфонд, 2023. С. 373-376

Особистий внесок здобувачки: розроблено методологічні засади управління вартістю на передпроектному етапі життєвого циклу будівельного об'єкта, що включають визначення ключових вартісних параметрів та ідентифікацію можливостей для їх оптимізації до початку основних робіт.

9. Сиволап Ю.В., Титок В.В. Огляд зарубіжного досвіду щодо управління вартістю життєвого циклу об'єктів будівництва. *Актуальні питання науки, освіти та технологій в умовах сучасних викликів: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції* (Кременчук, 9 травня 2023 р.): у 2 ч. Кременчук: ЦФЕНД, 2023. Ч. 2. С. 41-42. *Особистий внесок здобувачки: проведено огляд та узагальнення зарубіжного досвіду в сфері управління вартістю життєвого циклу будівельних об'єктів, виявлено найкращі практики та інноваційні підходи, придатні для адаптації в національних умовах.*

10. Сиволап Ю.В., Титок В.В. Аналіз зарубіжного досвіду щодо оцінювання витрат життєвого циклу об'єкта будівництва. *«Build-Master-Class-2022» Proceedings of International Scientific – Practical Conference of Young Scientists* (30.11-02.12.2022 In Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine). Pp. 435-436. *Особистий внесок здобувачки: здійснено аналіз зарубіжного досвіду оцінювання витрат життєвого циклу об'єкта будівництва, що дозволило виявити ключові показники та методики, застосовувані для всебічного аналізу вартості протягом всього періоду експлуатації.*

11. Сиволап Ю.В., Титок В.В. Основні підходи до оцінювання витрат життєвого циклу об'єкта будівництва. *Features and trends of socio-economic development in global and local dimensions: International scientific conference* (October 21-22, 2022. Leipzig, Germany). Riga, Latvia: “Baltija Publishing”, 2022. Pp. 78-81. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-244-9-18> *Особистий внесок здобувачки: систематизовано та охарактеризовано основні підходи до оцінювання витрат життєвого циклу будівельного об'єкта, виділено їхні особливості та сфери застосування як складові організаційно-економічного інструментарію.*

12. Титок В.В., Сиволап Ю.В. Особливості роботи служби замовника на різних етапах життєвого циклу об'єкта будівництва. *Програма та тези доповідей IV міжнародної науково-практичної конференції “Економіко-управлінські та інформаційно-аналітичні новації в будівництві”* (7-8 червня 2022 р., м. Київ). К.: Ліра-К, 2022. С. 55-57. *Особистий внесок здобувачки: досліджено особливості та роль служби замовника в контексті управління вартістю на різних етапах життєвого циклу об'єкта будівництва, визначено її вплив на формування та оптимізацію загальних витрат.*

13. Сиволап Ю.В. Економіко-правові аспекти здійснення технічного нагляду за будівництвом в Україні. *Проблеми генезису економіки інтелектуально-інноваційного капіталу: матеріали доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції* (м. Київ, 4-5 листопада 2021 року) у 2-х ч. / за заг. ред. В. М. Лича. Ч. 2. Київ: КНУБА, 2021. С. 46-50.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	17
ВСТУП	18
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ ЗАСАДИ УПРАВЛІННЯ ВАРТІСТЮ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ОБ'ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА	27
1.1. Сутність життєвого циклу об'єктів будівництва та його основні етапи (визначення в літературі, законодавстві)	27
1.2. Економічні інструменти управління вартістю на різних етапах життєвого циклу будівельного об'єкта	55
1.3. Організаційні інструменти та їхній вплив на управління вартістю на етапах життєвого циклу об'єктів будівництва	78
Висновки до розділу 1	97
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ПРОБЛЕМ УПРАВЛІННЯ ВАРТІСТЮ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ БУДІВЕЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ	100
2.1. Концептуальні основи та методи визначення вартості життєвого циклу об'єкта будівництва	100
2.2. Трансформація життєвого циклу житлового фонду України під впливом військової агресії	126
2.3. Договірне ціноутворення в будівництві як інструмент балансування інтересів учасників на різних етапах життєвого циклу об'єкта	140
2.4. Розробка індикаторів знецінення житлового фонду на основі оновленої періодизації та функціонального зносу	154
Висновки до розділу 2	165
РОЗДІЛ 3: РОЗРОБКА ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ УПРАВЛІННЯ ВАРТІСТЮ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ	169
3.1. Інструменти оптимізації основної виробничої діяльності для впливу на вартість життєвого циклу будівельних об'єктів	169
3.2. Обґрунтування мінімізації витрат на перевезення будівельних вантажів за допомогою транспортної задачі та її вплив на управління	198

вартістю життєвого циклу об'єкта будівництва

3.3. Обґрунтування мінімізації витрат на ремонт будівельних машин і механізмів для мінімізації простоїв техніки у ремонті за методом задачі динамічного програмування **210**

3.4. Математичне моделювання оптимального вибору конструктивного рішення фельдшерсько-акушерського пункту з урахуванням вартості життєвого циклу **217**

Висновки до розділу 3 **229**

ВИСНОВКИ **231**

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ **234**

ДОДАТКИ **252**

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- BIM** (Building Information Modeling) – інформаційне моделювання будівель;
- CBA** (Cost-Benefit Analysis) – аналіз витрат і вигод;
- CEA** (Cost-Effectiveness Analysis) – аналіз ефективності витрат;
- DCF** (Discounted Cash Flow) – дисконтований грошовий потік;
- EAB** (Equivalent Annual Benefit) – еквівалентна річна вигода;
- EAC** (Equivalent Annual Cost) – еквівалентна річна вартість;
- LCC** (Life Cycle Costing) – вартість життєвого циклу;
- LCA** (Life Cycle Assessment) – оцінка життєвого циклу;
- LCCA** (Life Cycle Cost Analysis) – аналіз вартості життєвого циклу;
- PFI** (Private Finance Initiative) – приватна фінансова ініціатива;
- TCO** (Total Cost of Ownership) – загальна вартість володіння;
- VE** (Value Engineering) – вартісний інжиніринг;
- WACC** (Weighted Average Cost of Capital) – середньозважена вартість капіталу;
- WLA** (Whole Life Appraisal) – комплексна оцінка життєвого циклу (або "оцінка повного життєвого циклу").

ВСТУП

Актуальність теми. Тема організаційно-економічного інструментарію управління вартістю життєвого циклу об'єктів будівництва є надзвичайно актуальною в умовах війни в Україні. Війна завдала значних руйнувань інфраструктурі України, включаючи житлові будинки, дороги, мости, школи, лікарні та інші об'єкти. Ефективне управління вартістю життєвого циклу будівель та інфраструктурних об'єктів є критично важливим для відновлення країни. Це дозволить оптимізувати витрати, забезпечити якісне будівництво та реконструкцію, а також забезпечити довготривалу експлуатацію відновлених об'єктів.

Умови війни створюють додатковий тиск на економіку, що обмежує доступність фінансових та матеріальних ресурсів. Використання організаційно-економічних інструментів для управління вартістю допоможе забезпечити максимально ефективне використання наявних ресурсів, зменшити витрати та уникнути перевитрат.

Відновлення зруйнованого житла та критично важливих соціальних об'єктів є пріоритетним завданням для забезпечення базових умов життя населення. Управління вартістю життєвого циклу будівель допоможе швидше і більш ефективно вирішувати ці гуманітарні завдання.

Відновлення будівельної галузі сприятиме загальній стабілізації та розвитку економіки України. Ефективне управління проєктами будівництва забезпечить створення робочих місць, залучення інвестицій та розвиток суміжних галузей.

Враховуючи важливість екологічних аспектів, організаційно-економічний інструментарій управління вартістю життєвого циклу будівель повинен також включати заходи для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище, сприяти впровадженню принципів циркулярної економіки та використанню екологічно чистих матеріалів. Використання новітніх технологій та інноваційних підходів у будівництві може значно покращити ефективність управління вартістю життєвого циклу. Інтеграція цифрових рішень, таких як BIM (Building Information

Modeling), дозволить краще планувати, виконувати та контролювати будівельні проекти.

Значний науковий внесок у дослідження сутності, методів та механізмів управління вартістю життєвого циклу об'єктів будівництва здійснили українські вчені. У своїх працях вони акцентують увагу на методологічних підходах до оцінки вартості життєвого циклу, економічних та організаційних інструментах управління витратами, питаннях технічної експлуатації та реконструкції будівель, а також впливі цифрової трансформації та інформаційного моделювання на будівельну галузь. Серед авторів, які зробили вагомий внесок у розроблення теоретичних та прикладних аспектів цієї проблематики, слід відзначити А. Гавриляк, Т. Гончаренко, Г. Шпакова, К. Пушкарьова, А. Білик, А. Максимов, О. Молодід, В. Ніколаєв, О. Дем'яненко, І. Вахович, В. Деменков, С. Городецький, Ю. Ячменьова, Л. Терещенко, Т. Ніколаєва, В. Козик, С. Січний, А. Щербина, І. Поповіченко, О. Беленкова, Т. Цифра, Ю. Чуприна та ін.

Зарубіжні дослідники зосереджують увагу на моделюванні та оптимізації вартості життєвого циклу (LCC) із застосуванням BIM-технологій, питаннях повної вартості володіння (ТСО), управлінні ризиками на різних етапах життєвого циклу, інтеграції концепцій циркулярної та сталої економіки в будівельні проекти, а також на аналізі витрат протягом всього життєвого циклу будівель. Вагомий науковий внесок у розроблення цих питань зробили Т. Ганак, В. Біолек, Л. Еберхардт, В. Табет, Ч. Істмен, У. Хасана, С. Кірк, Дж. Ванг, С. Янь та ін. Незважаючи на значні здобутки у цій сфері, низка аспектів управління вартістю життєвого циклу об'єктів будівництва, особливо в умовах воєнної та поствоєнної відбудови України, а також потреба в розробці інтегрованого організаційно-економічного інструментарію, потребує подальшого системного дослідження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Зміст досліджень, поданих в дисертаційній роботі, належно кореспондуються зі стратегічними налаштуваннями, які визначені:

- Указ Президента України «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» (прийнятий 30.09.2019);

- Постановою Кабінету Міністрів України «Про затвердження Державної стратегії регіонального розвитку на 2021-2027 роки» (зі змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 940 від 13.08.2024); Постановою Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку управління відходами, що утворились у зв'язку з пошкодженням (руйнуванням) будівель та споруд внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій або проведенням робіт з ліквідації їх наслідків та внесення змін до деяких постанов Кабінету Міністрів України» (зі змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 964 від 23.08.2024).

Окремі результати роботи були одержані за участі авторки роботи у виконанні науково-дослідних та пошукових тем, які впроваджувались в Товаристві з обмеженою відповідальністю "Науково-дослідний центр ціноутворення та кошторисного нормування у будівництві "Цінобуд" за темами:

- «Проведення наукових досліджень та формування науково-обґрунтованих організаційно-методичних підходів щодо створення й наповнення бази об'єктів-аналогів об'єктів будівництва» (номер держреєстрації 0224U033590) – авторкою запропоновано організаційно-методичні підходи до формування та використання бази об'єктів-аналогів для підвищення точності оцінки вартості на різних етапах життєвого циклу об'єктів будівництва, що є важливим елементом інструментарію управління вартістю;

- «Проведення наукових досліджень щодо світового досвіду професійної класифікації та надання пропозицій щодо оновлення Довідника кваліфікаційних характеристик професій працівників, Випуск 64» (номер держреєстрації 0224U033592) – авторкою запропоновано пропозиції щодо адаптації світового досвіду професійної класифікації, зокрема, для спеціалістів, задіяних в управлінні вартістю життєвого циклу будівельних проєктів, що сприятиме підвищенню кваліфікації та ефективності виконання робіт.

- «Проведення дослідження щодо функціонування інституції інженерів-консультантів та розроблення проєкту Методичних рекомендацій «Виконання договору про надання інженерно-консультаційних послуг у будівництві. Рекомендації з підготовки звітності» (номер держреєстрації 0224U033074) –

авторкою розроблено рекомендації щодо функціонування інституції інженерів-консультантів, особливо в частині їхнього залучення до процесів управління вартістю життєвого циклу будівельних об'єктів та формування відповідної звітності, що покращує прозорість та ефективність цих послуг.

- «Проведення наукових досліджень щодо встановлення підходів та принципів визначення вартості інжинірингових послуг у будівництві» (номер держреєстрації 0224U002103) – авторкою обґрунтовано науково-обґрунтовані підходи та принципи до визначення вартості інжинірингових послуг у будівництві, включаючи ті, що стосуються управління вартістю життєвого циклу об'єктів, що є ключовим для формування ефективного організаційно-економічного інструментарію.

Мета та завдання дослідження. *Метою* дисертаційної роботи є наукове обґрунтування, розробка і впровадження теоретико-методичних засад і прикладних напрямів удосконалення організаційно-економічного управління вартістю життєвого циклу об'єкта будівництва в Україні.

Досягнення вказаної мети зумовило необхідність визначення низки наукових завдань:

- дослідити сутність життєвого циклу об'єктів будівництва, визначити його основні етапи та особливості формування вартості на кожному з них на основі літературних джерел і чинного законодавства;

- проаналізувати економічні та організаційні інструменти управління вартістю на різних стадіях життєвого циклу будівельних об'єктів, з урахуванням сучасних викликів у будівельній галузі;

- розглянути сучасні методологічні підходи до визначення вартості життєвого циклу об'єктів будівництва, включаючи облік експлуатаційних, ремонтних витрат та залишкової вартості;

- оцінити вплив інноваційних технологій та цифрових рішень на ефективність управління витратами і термінами будівництва впродовж усього життєвого циклу об'єкта;

- дослідити особливості формування витрат на різних типах будівель, а також методи їх прогнозування та управління, включаючи використання оптимізаційних моделей;

- проаналізувати трансформацію життєвого циклу житлового фонду України в умовах військової агресії, а також розробити індикатори знецінення на основі оновленої періодизації та функціонального зносу;

- визначити роль договірної ціноутворення в будівництві як інструменту узгодження інтересів учасників на різних етапах життєвого циклу об'єкта;

- сформувати організаційно-економічний інструментарій управління вартістю життєвого циклу, що включає рішення з оптимізації витрат на основну діяльність, логістику та ремонт будівельної техніки;

- обґрунтувати математичну модель вибору конструктивного рішення фельдшерсько-акушерського пункту з урахуванням мінімізації витрат на всіх стадіях життєвого циклу, з використанням критеріїв ефективності та довготривалої експлуатації.

Об'єктом дослідження є процеси та механізми управління вартістю будівельних об'єктів на всіх етапах їх життєвого циклу.

Предметом дослідження виступають теоретико-методичні і практичні засади формування дієвого інструментарію управління життєвим циклом об'єктів будівництва.

Методи дослідження. Теоретико-методичним і методологічним підґрунтям дисертаційної роботи стали положення економічної теорії, наукові праці вітчизняних і зарубіжних вчених у сфері управління життєвого циклу об'єкта будівництва.

У процесі дослідження використано такі загальнонаукові та спеціальні методи: системний підхід – для визначення об'єкта і предмета дослідження та вибору показників, що характеризують розвиток будівельного підприємства; конкретно-історичний та порівняльний методи при формуванні теоретичних засад оцінки витрат будівельного підприємства та стадії його життєвого циклу; методи синтезу та аналізу для дослідження стану та динаміки розвитку світової і

вітчизняної будівельної галузі; контент-аналіз для уточнення сутності поняття «оцінка витрат підприємства»; структурно-логічний підхід для уточнення сутності поняття «життєвий цикл об'єктів будівництва»; економетричні та статистичні методи для визначення стадії та побудови кривої життєвого об'єкту будівництва; статистичний – для оцінювання впливу факторів на вартість життєвого циклу об'єктів будівництва; табличний та графічний методи для наочного відображення і схематичної презентації результатів дослідження.

Інформаційними джерелами дисертаційного дослідження стали законодавчі та нормативні акти України з питань будівництва, рекомендації міжнародних організацій, офіційні матеріали Державної служби статистики України, Міністерства розвитку громад та територій України, Міністерства економіки України, Академії будівництва України, дані відкритого доступу про діяльність вітчизняних підприємств будівельної галузі, наукова література, матеріали науково-практичних конференцій, електронні видання та публікації за темою дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у розробці організаційно-економічного інструментарію управління вартістю життєвого циклу об'єктів будівництва з урахуванням інноваційного підходу до розробки індикаторів знецінення житлового фонду на основі функціонального зносу та оновленої періодизації життєвого циклу, що дозволяє приймати ефективні управлінські рішення щодо реновації або реконструкції об'єктів в довгостроковій перспективі:

удосконалено:

- методичний підхід до оцінки вартості життєвого циклу будівельних об'єктів з урахуванням чинника часу, дисконтування витрат та індексації цін, що дозволяє більш точно визначати економічну доцільність інвестиційних рішень;
- підхід до вибору оптимального варіанту будівництва на основі порівняння капітальних витрат, експлуатаційних витрат та витрат на утримання, що забезпечує стратегічно обґрунтоване управління ресурсами;

- математичну модель порівняльного аналізу варіантів реалізації будівельних об'єктів з використанням критеріїв NPV, IRR, DPP, яка дає змогу об'єктивно оцінити економічну ефективність та строк окупності інвестицій;

дістало подальшого розвитку:

- визначення терміну «життєвий цикл об'єкта будівництва в умовах воєнної та поствоєнної відбудови як безперервний процес, що охоплює етапи від обґрунтування нагальної потреби у відновленні або новому будівництві, швидкого проектування та зведення з урахуванням принципів стійкості та енергоефективності, довготривалої експлуатації з можливістю адаптації до мінливих потреб, ефективного управління пошкодженнями та проведення ремонтів (включаючи швидкі відновлювальні роботи), реконструкції або демонтажу, а також утилізації будівельних відходів з максимальним повторним використанням матеріалів, з особливим акцентом на соціальну справедливість, безпеку та психологічне відновлення постраждалих громад»;

- концепція управління витратами на всіх етапах життєвого циклу будівельного об'єкта шляхом інтеграції договірного ціноутворення, транспортного планування та технічного обслуговування обладнання;

- методологія застосування сучасних цифрових інструментів (BIM-технологій, аналітичних платформ, математичного моделювання) для контролю та оптимізації вартості життєвого циклу;

- підхід до розробки індикаторів знецінення житлового фонду на основі функціонального зносу та оновленої періодизації життєвого циклу, що дозволяє приймати ефективні управлінські рішення щодо реновації або реконструкції об'єктів;

- узагальнене визначення оновленої періодизації: оновлена періодизація життєвого циклу – це діахронна шкала, що ділить життєвий цикл будівельного об'єкта на етапи з урахуванням як хронологічного віку, так і технічного стану, ринкових умов та функціонального зносу, з використанням динамічних моделей (експоненційне знецінення, відношення ринкової до реконструкційної вартості), які забезпечують адаптивність і точність оцінювання в сучасних умовах. Таким

чином, у роботі представлені кілька індивідуалізованих моделей ТСО (логістично-ресурсно-фінансова, “айсберг”, комбіновані LCCA/CEA/EAC) й окреслено новий підхід до періодизації, який виходить за рамки календарного віку та враховує комплекс технічних і ринкових чинників. Це дозволяє будівельним компаніям і оцінювачам приймати більш обґрунтовані рішення щодо реконструкції, модернізації чи утилізації об’єктів;

- практичні рекомендації щодо зниження витрат на перевезення та ремонт техніки за допомогою транспортної задачі та динамічного програмування, що сприяє зменшенню непродуктивних витрат і простоїв техніки в будівництві.

Практичне значення окремих результатів дисертаційного дослідження полягає в тому, що розроблені наукові підходи щодо управління вартістю на всіх стадіях життєвого циклу об’єкта будівництва опрацьовані до рівня, що дозволяє запровадити означені підходи до практичної діяльності будівельних компаній.

Практична цінність роботи підтверджена позитивними впровадженнями її результатів в практику діяльності ТОВ «Національний атестаційно-навчальний центр» (довідка 7/2025 від 12.02.2025 р.), ТОВ «Енерго Інжиніринг» (довідка №0302-1 від 03.02.2025 р.), ТОВ «Науково-дослідний центр ціноутворення та кошторисного нормування у будівництві «Цінобуд»» (довідка №1-2025 від 20.01.2025 р.)

Також наукові результати дисертаційної роботи були використані Київським національним університетом будівництва і архітектури у навчальному процесі при викладанні нормативних дисциплін «Обґрунтування господарських рішень та оцінка ризиків», «Оптимізаційні методи та моделі» та «Економетрика» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 051 «Економіка» (довідка 21.8-03/07 від 30.01.2025 р.).

Особистий внесок здобувача. Усі наукові положення, розробки й результати теоретичних та експериментальних досліджень, що виносяться на захист, отримані авторкою самостійно.

Апробація результатів дослідження. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися та були схвалені на: II Міжнародній науково-

практичній конференції «Проблеми генезису економіки інтелектуально-інноваційного капіталу» (4-5 листопада 2021 р., м. Київ), IV Міжнародній науково-практичній конференції “Економіко-управлінські та інформаційно-аналітичні новації в будівництві” (7-8 червня 2022 р., м. Київ), International scientific conference «Features and trends of socio-economic development in global and local dimensions» (October 21-22, 2022, Leipzig, Germany), Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених «БУД-МАСТЕР-КЛАС-2022» (30 листопада – 02 грудня 2022 р., м. Київ), Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні питання науки, освіти та технологій в умовах сучасних викликів» (9 травня 2023 р., м. Кременчук), XVII Міжнародній конференції «Стратегія якості в промисловості і освіті» (5-8 червня 2023 р., Варна, Болгарія), III Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми генезису економіки інтелектуально-інноваційного капіталу» (7-8 листопада 2023 р., м. Київ), XVI-й загальноукраїнській науково-практичній конференції «Визначення вартості об’єктів будівництва, проєктних, будівельно-монтажних та ремонтно-будівельних робіт із застосуванням сучасних технологій. Управління вартістю життєвого циклу об’єктів– 2024» (28-31 травня 2024р. м. Івано-Франківськ).

У повному обсязі дисертація доповідалася та була схвалена на міжкафедральному науковому семінарі в Київському національному університеті будівництва і архітектури (26.04.2025 р.).

Публікації. Основні положення наукової новизни та основні результати дослідження опубліковані у 13 наукових працях, в тому числі 5 у наукових фахових виданнях, 8 у матеріалах доповідей міжнародних та всеукраїнських наукових і науково-практичних конференцій.

Структура та обсяг дисертаційної роботи. Дисертаційна робота складається зі анотації, вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації складає 289 сторінок друкованого тексту, з яких обсяг основного тексту – 212 сторінок, які містять 30 рисунків та 49 таблиць. Список використаних джерел із 153 найменувань розміщено на 12 сторінках, 9 додатків викладено на 39 сторінках.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ ЗАСАДИ УПРАВЛІННЯ ВАРТІСТЮ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ОБ'ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА

1.1. Сутність життєвого циклу об'єктів будівництва та його основні етапи (визначення в літературі, законодавстві)

В умовах повномасштабної війни в Україні питання життєвого циклу об'єктів будівництва набуває особливого значення. Відновлення зруйнованої інфраструктури, забезпечення житлом внутрішньо переміщених осіб, а також створення стратегічно важливих об'єктів – усе це вимагає не лише оперативності, але й стратегічного підходу на кожному етапі. Управління життєвим циклом об'єктів будівництва стає ключовим інструментом для ефективного використання обмежених ресурсів, підвищення стійкості будівель до руйнувань і забезпечення потреб населення в умовах постійних викликів.

Важливим етапом у розвитку розуміння та управління життєвим циклом будівельних об'єктів стало опублікування у 1963 році Королівським інститутом британських архітекторів (Royal Institute of British Architects, RIBA) документа під назвою "План робіт" (Plan of Work). Це дослідження стало піонерським у спробі формалізувати та структурувати складний процес створення та функціонування будівель, виходячи за межі традиційного фокуса лише на етапі проектування та будівництва [1].

До появи "Плану робіт" підходи до управління будівельними проектами часто були фрагментарними та менш системними. RIBA вперше запропонував комплексну модель, яка охоплювала весь період існування об'єкта, від первинної концепції до його можливої утилізації [1].

Ключові аспекти "Плану робіт" 1963 року:

1) "План робіт" розбив життєвий цикл будівельного об'єкту на вісім чітко визначених етапів. Це забезпечило більш зрозумілу та організовану структуру для

всіх учасників будівельного процесу, включаючи архітекторів, інженерів, замовників та підрядників.

2) Кожен етап "Плану робіт" передбачав певний набір завдань та визначав ключових відповідальних осіб. Це сприяло кращій координації та уникненню дублювання зусиль.

3) Запровадження поетапного підходу дозволило більш ефективно планувати ресурси, контролювати витрати та оптимізувати терміни виконання робіт.

4) "План робіт" підкреслював важливість взаємодії та обміну інформацією між різними фахівцями на кожному етапі життєвого циклу [1].

"План робіт" RIBA 1963 року мав значний вплив на подальший розвиток методологій управління будівельними проектами як у Великій Британії, так й в інших країнах. Він заклав основу для розробки більш деталізованих стандартів та рекомендацій, спрямованих на оптимізацію різних аспектів життєвого циклу будівель. З часом "План робіт" RIBA еволюціонував, відображаючи зміни в технологіях, нормативних вимогах та кращих практиках у будівельній галузі. Версія 2024 року, є свідченням безперервної актуальності та адаптивності цього фундаментального документа. Сучасна версія враховує такі важливі аспекти, як сталий розвиток, цифрові технології (наприклад, BIM), а також більш гнучкі та ітеративні підходи до проектування та будівництва [2].



Рис. 1.1. «План робіт» RIBA 2024 року [1]

Хоча "План робіт" RIBA 2024 є цінним інструментом для організації будівельного процесу, розуміння сутності життєвого циклу об'єктів будівництва потребує глибшого занурення в теоретичні та законодавчі визначення, що розкривають його ключові характеристики та етапи з різних наукових та правових перспектив.

А.І. Гавриляк [3] запропонував визначати «життєвий цикл будівель, як час від моменту обґрунтування необхідності їх зведення до настання економічної недоцільності подальшої експлуатації». Періоди життєвого циклу він поділив на «підготовчий період, нульовий цикл, зведення будівлі, експлуатацію будівлі, період фізичного і морального зносу». Останній стан є періодом закінчення життєвого циклу або початком нового, що включає період реконструкції (капітального ремонту), який поновлює фізико-механічні і експлуатаційні характеристики будівель. Забезпечення довготривалої експлуатації будівель – важлива техніко-економічна проблема проєктування, будівництва й експлуатації. Під час проєктування повинні бути передбачені такі матеріали й конструкції, що забезпечують нормальне функціонування будинку протягом строку служби з урахуванням зниження міцності й погіршення технічних характеристик у часі шляхом зношення, впливу навколишнього середовища, зовнішніх і внутрішніх навантажень, з урахуванням забезпечення нормальної системи технічного обслуговування і ремонту.

Автор доводить, що визначення життєвого циклу будівлі виключно на основі економічної недоцільності може бути вельми обмеженим. Інші фактори, такі як екологічні та соціальні аспекти, не менш важливі при визначенні моменту завершення життєвого циклу будівлі, а саме:

1. Недостатнє врахування інновацій – процеси проєктування і будівництва швидко змінюються завдяки новим технологіям і матеріалам. У роботі [3] наголошується на забезпеченні довготривалої експлуатації шляхом використання матеріалів і конструкцій, що враховують зниження міцності у часі. Однак, інноваційні підходи, які можуть значно збільшити тривалість життєвого циклу без значного зниження характеристик, можуть бути не повністю враховані.

2. Зосередження на фізичних і механічних характеристиках – хоча фізико-механічні та експлуатаційні характеристики є важливими, моральний знос будівель також може бути визначальним фактором для їх реконструкції або демонтажу. Архітектурні та естетичні аспекти, відповідність сучасним стандартам комфорту та функціональності теж можуть істотно впливати на життєвий цикл будівель.

3. Період реконструкції як «початок нового життєвого циклу» – визначення реконструкції як початку нового життєвого циклу будівлі є дискусійним питанням. Реконструкція може бути розглянута як продовження існуючого циклу з оновленням окремих компонентів, а не як абсолютно новий цикл.

Загалом, підхід А.І. Гавриляка до визначення життєвого циклу будівель є детальним і охоплює ключові аспекти, проте деякі з них можуть бути переглянуті або уточнені з урахуванням сучасних тенденцій і комплексного підходу до будівництва [3]. В таблиці 1.1 наводяться визначення терміну «життєвий цикл об'єкта будівництва» систематизовані нами внаслідок вивчення низки теоретичних праць, стандартів, настанов.

Таблиця 1.1

Визначення терміну життєвого циклу об'єкта будівництва

№ п.п	Автори	Визначення
1.	Royal Institute of British Architects (RIBA) [1]	Життєвий цикл об'єкта будівництва включає всі етапи від початкового проектування до остаточного демонтажу, зокрема етапи експлуатації, обслуговування, ремонту та утилізації, які визначають загальний вплив об'єкта на довкілля та його економічну ефективність
2.	Eberhardt, L., Birgisdottir, H., & Birkved, M. (2019) [4]	Життєвий цикл об'єкта будівництва складається з кількох послідовних етапів: проектування, будівництва, експлуатації, реконструкції та утилізації, кожен з яких вимагає ретельного управління для забезпечення тривалого та ефективного використання будівлі
3.	Гавриляк А.І. (2006) [3]	Життєвий цикл об'єкта будівництва включає в себе всі процеси, від розробки концепції до демонтажу, з акцентом на управлінні витратами та ефективністю на кожному етапі циклу

№ п.п	Автори	Визначення
4.	Hanák, Tomáš, et al. (2024) [5]	Вартість життєвого циклу будівлі визначається як сукупність витрат на проектування, будівництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію, що дозволяє отримати повне уявлення про економічну ефективність об'єкта
5.	Biolek, V., & Hanak, T. (2024) [6]	Життєвий цикл будівельного проєкту включає всі етапи від початкового планування до завершення та утилізації, з акцентом на управлінні ризиками та забезпеченні якості на кожному з цих етапів
6.	Renuka, S. M., Umarani, C., & Kamal, S. (2014) [7]	Аналіз вартості життєвого циклу будівельного проєкту включає оцінку економічних та екологічних витрат на всіх стадіях від початкового проектування до остаточної утилізації об'єкта
7.	Altaf, Muhammad, et al. (2023) [8]	Життєвий цикл будівельного проєкту включає всі етапи від початкового планування до завершення та утилізації, з акцентом на управлінні ризиками та забезпеченні якості на кожному з цих етапів
8.	Шнейдерова-Гералова, Р. (2018) [9]	Життєвий цикл будівельного проєкту охоплює всі етапи від початку планування до завершення і включає детальний розрахунок вартості на кожному етапі для забезпечення економічної доцільності
9.	Yu, V.D., Cheng, S.T., Ho, V.K., & Chang, Y.H. (2018) [10]	Вимірювання стійкості будівельних проєктів протягом усього життєвого циклу передбачає оцінку впливу на навколишнє середовище, енергоефективність та економічну ефективність на кожному з етапів
10.	Obolowicz, J., Baryłka, A., Jaros, H., & Ginda, G. (2020) [11]	Життєвий цикл об'єкта будівництва включає збирання та аналіз даних на кожному етапі, починаючи з концепції і закінчуючи утилізацією, що є критично важливим для управління проєктом
11.	Plebankiewicz, E., Zima, K., & Wiczorek, D. (2017) [12]	Кількісна оцінка ризику в життєвому циклі будівельного проєкту охоплює всі етапи від початкового проектування до завершення та демонтажу, з акцентом на управлінні ризиками для забезпечення економічної стабільності проєкту

Джерело: сформовано автором на основі праць [1-12])

Австрійські науковці Т. Hanák, Т. Mathoi, у своєму дослідженні [5] зазначають, що розрахунок вартості життєвого циклу (LCC) та інформаційне моделювання будівель (BIM) є одними з важливих сучасних тенденцій у

будівельній галузі. LCC сприяє об'єктивному управлінню та вимірюванню витрат протягом усього життєвого циклу будівлі, а BIM є одним із заходів цифровізації, пов'язаних з ініціативою Construction 4.0. Оскільки моделювання вартості життєвого циклу за допомогою 6D BIM має потенціал для суттєвих позитивних ефектів, таких як економія коштів і зменшення навантаження на навколишнє середовище, праця [24] спрямована на вивчення розвитку цієї концепції в Чеській Республіці та Австрії. У цьому порівняльному дослідженні обговорюються законодавче середовище, фактичне використання LCC та BIM на практиці, а також проблеми, з якими стикаються будівельні галузі Чехії та Австрії. Результати показують, що практичний рівень використання все ще є відносно низьким в обох країнах, але були виявлені конкретні відмінності, наприклад, пов'язані з визначенням законодавчих вимог і доступністю стандартів і специфікацій.

В іншому своєму дослідженні Т. Hanak [6] зазначає, що наростальний тиск щодо оптимізації інвестиційних витрат на будівництво з точки зору життєвого циклу неминуче призводить до пошуку нових рішень, які сприятимуть прийняттю обґрунтованих рішень на ранніх стадіях будівельного проєкту. Усвідомлення важливості врахування майбутніх витрат на експлуатацію та знесення підкреслює недоліки, пов'язані з неможливістю робити точні прогнози й оцінки таких витрат, які стануть очевидними в майбутньому. Щоб усунути таку дослідницьку прогалину, представлено інноваційний підхід моделювання вартості життєвого циклу на рівні окремих конструкцій будівлі. Таким чином, пропонований підхід допомагає інвесторам оптимізувати свої будівельні проєкти та знайти найбільш економічні рішення. Результати вказують на різноманітність варіантів конструкції перегородок на ранній стадії проєкту. Оскільки здатність впливати на майбутні витрати зменшується в міру просування проєкту, модель дозволяє охопити перспективу LCC, навіть якщо доступне лише дослідження будівництва без більш детальної технічної та економічної інформації.

Стаття вчених S.M. Renuka, C. Umarani та S. Kamal [7] зосереджена на дослідженні критичних факторів ризику протягом життєвого циклу будівельних

проектів, підкреслюючи важливість їх ідентифікації та оцінки. Вчені, [7], обговорюють різні методи аналізу ризиків, які використовувалися в міжнародних будівельних проєктах за останні 25 років. Вони наголошують на важливості управління ризиками на всіх етапах життєвого циклу проєкту, включаючи планування, проєктування, будівництво та завершення, для зниження втрат часу та ресурсів і забезпечення успішного завершення проєкту у встановлені терміни та з урахуванням бюджету.

Пакистанські вчені М. Алтаф, Дж. Малік та ін. [8] у своїй статті проаналізували вартість життєвого циклу будівельних проєктів з погляду стійкості. У роботі розглядаються методи оцінки загальних витрат проєкту протягом всього його життєвого циклу, від проєктування та будівництва до експлуатації та утилізації. Основна увага приділяється впровадженню стійких практик, що дозволяють зменшити негативний вплив на навколишнє середовище та підвищити економічну ефективність проєктів. Автори також обговорюють переваги використання LCCA для прийняття обґрунтованих рішень щодо вибору матеріалів, технологій та управлінських підходів, які сприяють довгостроковій стійкості будівельних об'єктів.

Заразом, чеська дослідниця Р. Шнайдерова-Гераловау [9] присвятила свою роботу важливості оцінки вартості життєвого циклу (LCC) для будівельних проєктів, зокрема в державному секторі. У ній підкреслюється, що традиційний підхід, орієнтований на мінімізацію початкових витрат на будівництво, слід замінити на оптимізацію витрат протягом усього життєвого циклу будівлі. Основною новаторською ідеєю є інтеграція LCC в ранні стадії проєктування, що дозволяє приймати економічно обґрунтовані рішення, спрямовані на досягнення максимальної вартості за гроші протягом усього періоду експлуатації будівлі. Оптимізація витрат протягом життєвого циклу проєкту, будівництва чи його інженерного обладнання є важливою для складного процесу прийняття рішень. Загалом, рішення з мінімальним значенням витрат життєвого циклу може бути обраним із кількох варіантів. Від державних інвесторів вимагається досягнення цілей сталого будівництва, і разом з тим, вони стикаються не лише з обмеженими

фінансовими ресурсами, але й часто додатково утискаються дуже жорсткими інституційними рамками, включаючи процедури закупівель. У Чеській Республіці державний сектор вимагає кількісного визначення витрат життєвого циклу під час прийняття рішення про будівництво. Крім того, розмір орієнтовних витрат життєвого циклу став критерієм публічних тендерів. У цьому документі узагальнено досвід оцінки проєктів будівель з точки зору витрат протягом життєвого циклу. Після визначення переваг державного сектора також узагальнено деякі значні труднощі. Окрім підкреслення важливості оцінки вартості життєвого циклу, надаються приклади будівельних проєктів.

Тайванські автори Вен-дер Ю., Шао-цай Чен, Вей-чен Хо та Ю-хао Чанг [10] розглядають процес створення системи оцінки сталого розвитку будівельних проєктів (CPSAS), який враховує три основні аспекти: екологічний, соціальний та економічний. Вони пропонують систему, що включає чотири рівні оцінки: основні принципи сталості, категорії сталості, підкатегорії та індикатори. Автори також проводять аналіз різних історичних проєктів, щоб продемонструвати життєздатність цієї системи та її застосування для досягнення більш ефективного управління сталими проєктами на всіх етапах їх життєвого циклу.

Стаття, написана польськими науковцями Єжи Оболевич, Адамом Барилка, Генриком Ярослав та Гжегожом Гінда [11], спрямована на розробку та впровадження «карти знань» для управління знаннями у будівельних проєктах, аналізує життєвий цикл будівельних об'єктів, охоплюючи етапи від планування до ліквідації, та пропонує методи збереження важливої інформації на всіх цих етапах. Новизна роботи полягає в створенні структурованого підходу до організації знань, що допомагає уникнути втрат інформації та покращити управління будівництвом.

Разом з тим, більшість висновків базується на польському законодавстві та нормативних актах, що може ускладнити застосування запропонованих підходів у міжнародних контекстах або в інших юрисдикціях. Хоча стаття порушує тему управління знаннями, вона не достатньо розглядає ризики, пов'язані з

неправильним або неповним використанням інформації на різних етапах життєвого циклу будівельного об'єкта.

Стаття, написана польськими авторами Едітою Плебанкевич, Кшиштофом Зімою та Даміаном Вечорекомх [12], зосереджується на оцінці витрат життєвого циклу будівельного об'єкта з урахуванням впливу ризиків. Вони пропонують нову модель для кількісного визначення додаткових витрат, спричинених різними ризиками, що виникають під час життєвого циклу будівлі. Новизна статті полягає в застосуванні теорії нечітких множин для оцінки ризиків, що дозволяє точніше враховувати їхній вплив на загальні витрати, що може стати корисним інструментом для інвесторів при виборі оптимального проєкту. В основі пропонованої моделі лежать кілька ключових методів, серед яких алгоритм DSW (Dong, Shah & Wong) для виконання арифметичних операцій з нечіткими числами, метод вершин (Vertex Method) для усунення можливих помилок при таких операціях, а також метод центру тяжіння для дефазифікації отриманих значень (тобто, перетворення нечітких значень у чіткі).

Розроблена модель [12] була протестована на прикладі житлового будинку, для якого було розглянуто три варіанти розвитку подій з різним ступенем впливу ризиків. У кожному сценарії були враховані можливі витрати та доходи протягом життєвого циклу будівлі, а також реакція на ідентифіковані ризики. Аналіз показав, що найвигіднішим є варіант з найменшими додатковими витратами на ризики. Проте, якщо врахувати як фінансові, так і технологічні ризики, найкращим варіантом може бути перенесення ризиків на етап експлуатації будівлі з наступною дорогою реконструкцією через 30 років. Зазначене демонструє важливість гнучкого підходу до управління ризиками протягом усього життєвого циклу будівлі.

Стаття О.О. Дем'яненка [13] аналізує роль інженера-консультанта протягом усього життєвого циклу об'єкта будівництва, від початкового задуму до ліквідації. Автор виділяє ключові періоди та етапи життєвого циклу будівлі, акцентуючи увагу на важливості послуг інженера-консультанта на кожному з цих етапів,

зокрема під час експлуатації, для зменшення ризиків і підвищення ефективності будівельних проєктів.

Т.А. Гончаренко [14] розглядає доцільність застосування технології інформаційного моделювання (BIM) для створення інформаційних моделей будівель на різних етапах їхнього життєвого циклу. Авторка аналізує еволюцію BIM-моделей від двовимірних креслень до багатовимірних моделей, що враховують часові, фінансові, ресурсні та інші показники. Основна думка полягає в тому, що максимальна ефективність від використання BIM досягається лише за умови роботи з ними на всіх етапах життєвого циклу об'єкта будівництва, включаючи стадію експлуатації. Однак існують значні проблеми з масовим впровадженням такого підходу через суперечливість інтересів учасників будівельного процесу та відсутність єдиних цілей.

Дослідники Г.В. Шпакова, О.П. Омеляненко та І.В. Глущенко [15] у своїй роботі аналізують оцінку експлуатаційного потенціалу будівельного об'єкта протягом його життєвого циклу. Вони підкреслюють важливість врахування витрат на кожному етапі життєвого циклу, від продукування ідеї до повної ліквідації, а також необхідність впровадження інноваційних ідей для підтримання економічної привабливості об'єкта. Особлива увага приділяється підходу до проєктування з урахуванням можливості майбутньої модернізації, що може значно зменшити обсяг інвестицій в процесі реконструкції. Дослідники також зазначають, що економічна привабливість об'єкта залежить від того, наскільки тривалість його життєвого циклу відповідає терміну його економічного життя, тобто періоду, протягом якого об'єкт генерує прибуток.

С.Б. Січний, А.А. Щербина [16] в свою чергу обґрунтовано пропонують розраховувати витрати не за видами будівельних робіт, а за конструктивними елементами, які визначають вартість життєвого циклу (будівництва, утримання, ремонтів, ліквідації). Це забезпечує більш точний і ефективний підхід до управління витратами на всіх етапах проєкту.

В роботі К.К. Пушкарьової та М.О. Кочевих [17] проведено аналіз економіки замкненого циклу в контексті життєвого циклу будівельних об'єктів і акцент зроблено на принципах циркулярної економіки в будівництві.

У своїй роботі І. Поповиченко, Д. Левчинський, О. Кірнос [18] досліджують можливості впровадження принципів зеленої економіки у будівельну галузь. Центральним підходом є застосування концепцій Life Cycle Costing (LCC) та Whole Life Appraisal (WLA), які передбачають комплексне управління витратами на всіх етапах життєвого циклу об'єктів нерухомості – від проєктування та будівництва до експлуатації й утилізації. Автори підкреслюють, що економічна ефективність будівельних проєктів часто досягається шляхом нехтування екологічними та соціальними факторами. Концепція LCC допомагає усунути цей дисбаланс, забезпечуючи оптимальне співвідношення капітальних витрат і майбутніх витрат на обслуговування об'єкта та мінімізуючи негативний вплив на довкілля, одночасно покращуючи якість життя людей. У роботі також аналізується закордонний досвід застосування концепцій LCC та WLA, де вони широко використовуються для досягнення економії ресурсів, зниження вуглецевого сліду та підвищення довговічності будівельних об'єктів. Дослідники проводять паралель із радянською системою програмно-цільового управління, яка також була спрямована на оптимізацію витрат і ресурсів. Однак автори зазначають, що через бюрократизацію, відсутність мотивації, неефективне планування та недостатню увагу до екологічних факторів ця система не досягла очікуваних результатів. Водночас автори пропонують модель сталого розвитку, яка базується на принципах зеленої економіки та включає такі ключові компоненти, як відновлювана енергія, стале будівництво, енергоощадження, управління водними та земельними ресурсами, стійкий транспорт, поводження з відходами та збереження екосистем. Всі ці компоненти розглядаються як взаємопов'язані, а стале будівництво та енергозбереження виступають інтегративним фактором через впровадження концепцій LCC і WLA. У підсумку, автори доходять висновку, що реалізація принципів зеленої економіки в будівельній сфері можлива лише через комплексний підхід, що враховує інтереси

всіх стейкхолдерів, підвищує ефективність використання ресурсів та сприяє переходу до циркулярної економіки.

О.В. Горда [19] у своїй статті приділяє особливу увагу життєвому циклу об'єкта будівництва в контексті інформаційного моделювання. Вона розглядає процес інформаційного моделювання як змінний об'єкт, який залежить від стадії життєвого циклу будівельного об'єкта. На кожному етапі життєвого циклу (проектування, будівництво, експлуатація) інформаційні моделі будівлі суттєво відрізняються одна від одної, відображаючи змінювані вимоги та завдання. Наприклад, під час проектування об'єкт є віртуальним, під час будівництва набуває реального втілення, а на етапі експлуатації досягає стабільності. Автор також підкреслює важливість застосування методів будівельної геодезії для контролю та управління будівельними процесами на різних етапах життєвого циклу.

У своїх роботах В.В. Козик та ін. [20, 21] присвячують увагу аналізу життєвого циклу енергоефективності житлових будівель у контексті нормативно-правового регулювання в країнах Європейського Союзу та Україні. Автори зосереджуються на етапах розробки, будівництва, експлуатації та реконструкції будівель із застосуванням енергоефективних стандартів. Науковці акцентуються на принципі «Енергоефективність передусім», який є ключовою частиною політики ЄС у боротьбі зі змінами клімату. Визначено, що будівельна галузь, зокрема житловий сектор, є значним споживачем енергії (близько 40% глобального споживання) і джерелом третини викидів парникових газів. З огляду на це, європейське законодавство вже з 90-х років визначає нормативи, що спрямовані на зменшення енергоспоживання, із метою доведення всіх будівель до 2050 року до рівня майже нульового споживання енергії (нульової енергії). Для ілюстрації процесів енергоефективності на різних етапах життєвого циклу будівель у Європі та Україні наведена класифікація будівель залежно від року будівництва і рівня споживання енергії. Так, сучасні «пасивні будинки» споживають лише 10-15 кВт·год/м² на рік, а будівлі класу «плюс енергія» здатні виробляти більше енергії, ніж використовують. Також звертається особлива увага

на виклики, спричинені війною в Україні, зокрема на необхідність відновлення зруйнованого житлового фонду з дотриманням сучасних енергоефективних стандартів. Це відкриває перспективу побудови нових житлових районів, орієнтованих на мінімальне споживання енергії та використання поновлюваних джерел.

В Україні нормативний документ ДБН В.1.2-5:2007 «Науково-технічний супровід будівельних об'єктів» [22] надає чітке визначення життєвого циклу будівельного об'єкта. Згідно з цим нормативом, життєвий цикл розглядається як комплекс послідовних за змістом і часом періодів існування будівельного об'єкта, що охоплює весь його шлях від моменту зародження концепції створення до етапу зняття з експлуатації та остаточної ліквідації. Це визначення підкреслює системний та часовий аспекти існування будівельного об'єкта, акцентуючи на тому, що він є не просто статичною спорудою, а проходить через ряд взаємопов'язаних етапів, кожен з яких має свої особливості та вимоги. Також наголошується на тому, що життєвий цикл є не окремими розрізненими подіями, а цілісною системою взаємопов'язаних періодів. Кожен етап впливає на наступні, й ефективне управління будівельним об'єктом вимагає врахування цієї взаємозалежності.

В зеленій книзі «Взаємодія учасників ринку будівництва в розрізі життєвого циклу будівель та споруд» узагальнено життєвий цикл будівлі. Етапи життєвого циклу розгортаються в певній логічній послідовності:

- «Етап надання будівельної продукції. Особливістю цього етапу є те, що введення в експлуатацію будівельної продукції відбувається в момент прийняття в експлуатацію закінченого будівництвом об'єкта.
- Етап зведення – ухвалення рішення та організація зведення будівлі.
- Етап експлуатації – підтримання працездатного стану будівлі /споруди власником або експлуатантом (керуючою компанією) з метою забезпечення комфортності життєдіяльності людини.
- Етап знесення – знесення та утилізація будівлі або споруди (або їх частини)» [23].



Рис. 1.2. Життєвий цикл будівлі (узагальнено) [23]

На рис. 1.2 зображено узагальнену послідовність етапів життєвого циклу. Однак ця модель не враховує всіх особливостей і не відображає повною мірою складність та етапність сучасних проєктів, особливо в інфраструктурній або інноваційній сферах.

Після початку повномасштабної війни в Україні у 2022 році галузь будівництва опинилася в надзвичайно складних умовах. За даними Мінінфраструктури (mindev.gov.ua), рівень активності у будівельному секторі впав майже на 50% у перший рік війни, особливо у регіонах з високим рівнем бойових дій. Вплив форс-мажорних обставин – зокрема військових дій, руйнувань інфраструктури, коливань цін на матеріали, перебоїв у логістиці та енергопостачанні – значно ускладнює реалізацію кожного етапу життєвого циклу об'єкта. Наприклад, форс-мажори зривають терміни постачання на етапі будівництва, унеможливають планове обслуговування під час експлуатації та ускладнюють процес проєктування, оскільки неможливо спрогнозувати безпекову ситуацію.

Ще однією критичною проблемою, яка гальмує розвиток галузі, є нестача кваліфікованих кадрів. За даними дослідження Федерації роботодавців України

[24], понад 80% компаній вказують на гострий дефіцит спеціалістів середньої ланки – інженерів, майстрів, електромонтажників, зварювальників тощо. Причини цього явища комплексні: міграція кваліфікованих працівників за кордон, зміна професійної орієнтації молоді, а також часткова мобілізація кадрів. Крім того, будівельні коледжі й ПТУ відчують зниження популярності спеціальностей технічного спрямування, що унеможливило повноцінне поповнення ринку праці.

В умовах кадрового голоду будівельні компанії в Україні змушені шукати нестандартні рішення для забезпечення своїх виробничих потреб. Одним із таких підходів є активне залучення до виконання будівельних робіт представників старшого покоління та жінок. Ця тенденція спостерігається насамперед на тих позиціях, які не пов'язані зі значними фізичними навантаженнями та вимагають високого рівня кваліфікації, досвіду та відповідальності. До таких спеціальностей належать інженери різних напрямків, виконроби, оператори складної будівельної техніки, водії спеціалізованого транспорту, зварювальники та інші. Залучення цих категорій працівників дозволяє компаніям не лише частково компенсувати нестачу кадрів, але й використовувати їхній багатий професійний досвід та знання [25, 26].

У структурі життєвого циклу це призводить до затримок на етапах реалізації та експлуатації, зниження якості проєктних рішень та підвищеного навантаження на обмежений персонал [27].

У цій ситуації корисно звернутися до досвіду Ізраїлю – держави, яка постійно функціонує в умовах безпекових ризиків і форс-мажорів [28, 29, 30]. В Ізраїлі впроваджено гнучку модель управління будівельними проєктами, орієнтовану на стійкість життєвого циклу. Ключовими інструментами стали: використання технологій BIM (Building Information Modeling) – цифрового управління всіма етапами життєвого циклу об'єкта; модульне будівництво, що дозволяє значно пришвидшити етапи реалізації; та гнучке законодавство, яке дозволяє оперативно погоджувати проєкти в кризовий період.

Особливу увагу Ізраїль приділяє підготовці кадрів. У країні діють державні програми професійної перепідготовки, зокрема для ветеранів армії, а також

активно впроваджується автоматизація – дрони, роботи, 3D-друк та інші технології, які частково компенсують дефіцит робочої сили. Такий підхід дозволяє забезпечити безперервність життєвого циклу будівель навіть у надзвичайних обставинах, а також гнучко адаптуватися до змін у зовнішньому середовищі.

Таким чином, в умовах української реальності, з огляду на воєнний стан, руйнування інфраструктури, брак кадрів та економічні виклики, актуальним є запозичення досвіду Ізраїлю в інтеграції цифрових технологій, гнучкого проектного управління та розвитку системи професійної підготовки. Лише таким чином можна забезпечити стійкість життєвого циклу об'єктів будівництва – від проектування до експлуатації – навіть у часи форс-мажорів.

Життєвий цикл будівельного об'єкта, який був пошкоджений і частково зруйнований, зазнає суттєвих змін і відхилень від свого первісного запланованого сценарію. З'являються нові етапи та змінюється зміст і тривалість існуючих.

Рис. 1.3 ілюструє життєвий цикл об'єкта будівництва з урахуванням можливості його відновлення або знесення у разі пошкодження. Життєвий цикл починається з формування ідеї або концепції, після чого відбувається проектування, будівництво, введення об'єкта в експлуатацію, а далі – його ремонт, реконструкція або модернізація. Завершується цикл етапом ліквідації.

У випадку, якщо під час експлуатації або модернізації відбувається пошкодження об'єкта, настає момент пошкодження, після якого проводиться оцінка пошкоджень і технічне обстеження. За результатами цієї оцінки можливі два сценарії подальших дій.

Перший сценарій передбачає відновлення об'єкта. У такому випадку виконується проектування відновлювальних робіт, далі проводяться самі відновлювальні роботи, після чого об'єкт знову вводиться в експлуатацію і функціонує до моменту остаточної ліквідації.

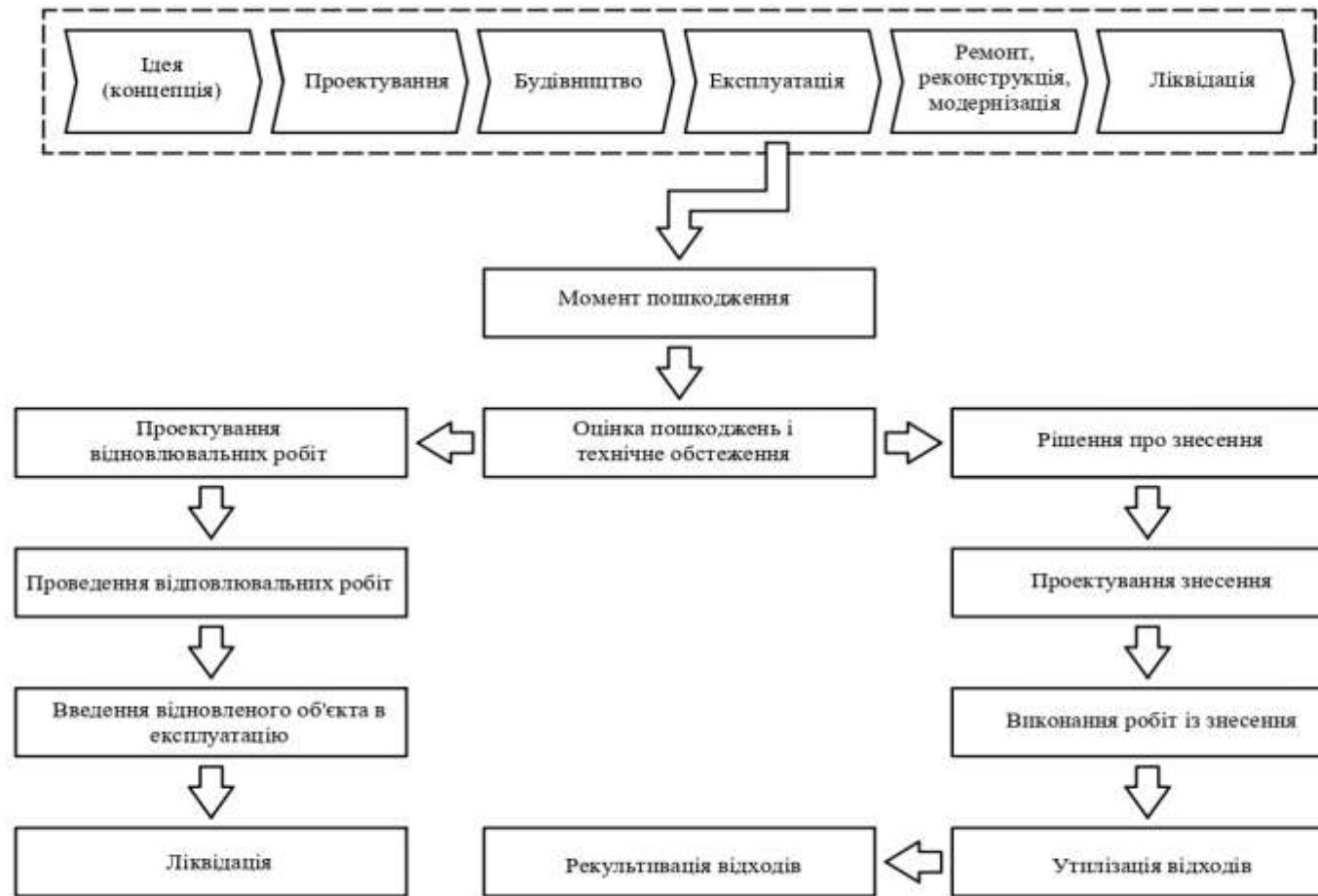


Рис. 1.3. Життєвий цикл об'єкта будівництва з урахуванням відновлення або демонтажу в разі пошкодження

Джерело: складено автором

Ось як це відбувається:

Перш за все, етап нормальної експлуатації об'єкта переривається внаслідок пошкоджень. Об'єкт може стати непридатним для використання повністю або частково, залежно від ступеня руйнувань.

Далі виникає новий, критично важливий етап, який не був передбачений у первісному життєвому циклі: оцінка пошкоджень та технічне обстеження. Цей етап включає:

- візуальний огляд для фіксації характеру та масштабу руйнувань;
- детальне інструментальне обстеження тримальних конструкцій, інженерних мереж та інших елементів об'єкта для визначення ступеня їхнього пошкодження та залишкового ресурсу;
- лабораторні дослідження матеріалів (за необхідності);
- розробка технічного звіту з висновками про стан об'єкта, можливість та доцільність його відновлення.

На основі результатів технічного обстеження приймається одне з ключових рішень, яке визначає подальший "відновлений" життєвий цикл:

Якщо об'єкт підлягає відновленню, починається новий цикл, пов'язаний з відновлювальними роботами. Якщо ж відновлення є економічно недоцільним або технічно неможливим, об'єкт переходить до етапу ліквідації (демонтажу).

Розробка проєктної документації на ремонт, реконструкцію або капітальний ремонт, яка враховує існуючі пошкодження та необхідність підсилення конструкцій. Виконання будівельних робіт з відновлення пошкоджених елементів, заміни зруйнованих конструкцій, відновлення інженерних мереж. Забезпечення відповідності виконаних робіт проєктній документації та будівельним нормам. Проведення приймальних випробувань та отримання дозволу на подальшу експлуатацію.

Після успішного завершення відновлювальних робіт об'єкт повертається до етапу експлуатації, але цей етап може мати певні відмінності від первісного. Залежно від характеру та ступеня пошкоджень, а також якості відновлювальних

робіт, прогнозований залишковий термін служби об'єкта може бути меншим за первісний.

Можуть виникнути додаткові витрати на моніторинг стану відновлених конструкцій та інженерних систем, а також на проведення додаткових ремонтів у майбутньому. У деяких випадках, після значних пошкоджень, може бути прийнято рішення про зміну функціонального призначення об'єкта.

Другий сценарій передбачає знесення об'єкта. Якщо ухвалене рішення про знесення, розробляється відповідний проєкт, проводяться роботи зі знесення, після чого здійснюється утилізація будівельних відходів та рекультивація території.

Якщо об'єкт не підлягає відновленню, він переходить до етапу ліквідації, який включає: розробка проєкту знесення, виконання робіт зі знесення, сортування та утилізація будівельних відходів, приведення земельної ділянки до стану, придатного для подальшого використання.

Таким чином, схема (рис. 1.3) демонструє як повний цикл існування об'єкта, так і можливі дії в разі пошкодження – шляхом його відновлення або демонтажу.

З урахуванням виконаного дослідження та враховуючи поточну ситуацію в Україні, особливо руйнування значної кількості житлової та цивільної інфраструктури внаслідок війни, пропонуємо визначити поняття *життєвий цикл об'єкта будівництва в умовах воєнної та поствоєнної відбудови як безперервний процес, що охоплює етапи від обґрунтування нагальної потреби у відновленні або новому будівництві, швидкого проєктування та зведення з урахуванням принципів стійкості та енергоефективності, довготривалої експлуатації з можливістю адаптації до мінливих потреб, ефективного управління пошкодженнями та проведення ремонтів (включаючи швидкі відновлювальні роботи), реконструкції або демонтажу, а також утилізації будівельних відходів з максимальним повторним використанням матеріалів, з особливим акцентом на соціальну справедливість, безпеку та психологічне відновлення постраждалих громад.*

Важливо відзначити, що визначення життєвого циклу в ДБН В.1.2-5:2007 [22] прямо передбачає врахування питань, пов'язаних з утилізацією будівельних матеріалів та відновленням природного середовища на етапі ліквідації. Це відображає зростаючу увагу до екологічної відповідальності в будівельній галузі та необхідність мінімізації негативного впливу будівельних об'єктів на довкілля протягом усього їхнього існування.

З метою систематизації та наочного представлення ключових стандартів (додаток А), що регламентують різні етапи життєвого циклу, нижче наведено таблицю 1.2, яка групує основні стандарти за їхньою спрямованістю та ключовими аспектами, що вони охоплюють. Ця таблиця дозволить отримати цілісне уявлення про нормативне забезпечення управління життєвим циклом на різних рівнях.

Таблиця 1.2

Групування основних стандартів, що стосуються життєвого циклу

Категорія	Стандарти	Короткий опис
Загальні принципи та рамки життєвого циклу	ISO 14040:2006 / AMD 1:2020 [31]	Визначення базових принципів оцінки життєвого циклу; етапи LCC
	ISO 15686-1:2011 [32]	
Планування терміну служби	ISO 15686-1:2011 [32]	Прогнозування, аудит, використання BIM, оцінка терміну служби
	ISO 15686-2:2012 [33]	
	ISO 15686-3:2002 [34]	
	ISO 15686-4:2014 [35]	
	ISO 15686-8:2008 [38]	
	ISO 15686-9:2008 [39]	
Калькуляція витрат життєвого циклу (LCC)	ISO 15686-10:2010 [40]	Оцінка вартості об'єкта протягом усього його життєвого циклу
	ISO 15663:2021 [42]	
Оцінка ефективності та зворотний зв'язок	ISO 15686-5:2017 [36]	Зворотний зв'язок з практики для покращення LCC
	ISO 15686-7:2017 [37]	
Термінологія	ISO 15686-11:2014 [41]	Уніфіковані терміни для розуміння в межах LCC

Джерело: сформовано автором [31-41]

Основні та найбільш релевантні серії стандартів ISO та EN, що формують методологічну та нормативну основу для розгляду питань життєвого циклу в різних аспектах, включаючи екологічну оцінку та сталість будівельних об'єктів представлені в табл. 1.3-1.4. Основні стандарти EN, що стосуються життєвого циклу (часто є європейськими аналогами стандартів ISO або розроблені для специфічних європейських потреб). В Україні також були прийняті національні стандарти шляхом ідентичного перекладу та отримали позначення ДСТУ EN ISO.

Це базове групування показує, що стандарти охоплюють як стратегічні (рамкові), так і практичні (розрахункові та оцінювальні) аспекти життєвого циклу. Від загальних принципів – до аналізу витрат і зворотного зв'язку для підвищення точності.

Оцінка життєвого циклу – це науково обґрунтований і стандартизований ISO 14040 метод наближеного визначення ресурсів і впливу продуктів, систем або послуг на навколишнє середовище протягом усього терміну фізичного існування блага та збереження ним економічної цінності. Він все частіше використовується в будівельній галузі та в дослідженнях циклічної економіки. Однак циркулярна економіка призводить до «переусвідомлення» існуючих добре налагоджених будівельних систем, а також сценарію майбутнього життєвого циклу цих систем. Отже, це також означає перегляд підходів і процедур, як виконання оцінки життєвого циклу цих будівельних систем. Адже і досі деякі вчені та практики припускають, що оцінка життєвого циклу є лінійним підходом до оцінки впливу на навколишнє середовище, який не відповідає ідеї циклічної економіки кількох життєвих циклів продукту. Документ ISO 14040, як справедливо наголошують у [31] має на меті наочно продемонструвати варіації життєвого циклу середовища обсягів, вартості, тривалості і періодичності забезпечуваних матеріальних потоків з позиції життєвого циклу будівельного продукту. Лінійна концепція передбачає одноразове використання будівельного компоненту. Натомість циклічна концепція життєвого циклу будівельного продукту передбачає повторне використання і їх кількарізову переробку.

Разом з тим, автори Л. Еберхардт, Х. Біргісдоттір, М. Бірквед [4] стверджують, що оцінка життєвого циклу (LCA) є лінійним підходом, але на наше думку, не варто погоджуватись із цим. Сучасні методи LCA можуть бути адаптовані для оцінки циклічних процесів і враховувати кілька життєвих циклів продуктів. Важливо лише правильно налаштувати модель і врахувати всі етапи повторного використання та переробки.

Відповідно до таблиці 1.3 кожен стандарт впливає на процес оцінки життєвого циклу. Частина з них допомагає структурувати та планувати (наприклад ISO 15686-1), інші – розраховувати витрати (ISO 15686-5), ще інші – адаптувати або покращити майбутні розрахунки на основі фактичних даних (ISO 15686-7).

Таблиця 1.3

Опис стандартів та їх значення для LCC

Стандарт	Назва	Основний внесок у LCC
ISO 14040:2006 / AMD 1:2020 [31]	Екологічна оцінка життєвого циклу	Формує основи для аналізу життєвого циклу, в тому числі екологічні аспекти
ISO 15686-1:2011 [32]	Загальні принципи планування терміну служби	Визначає етапи життєвого циклу та пов'язані витрати
ISO 15686-2:2012 [33]	Прогнозування терміну служби	Визначає очікуваний строк служби компонентів
ISO 15686-3:2002 [34]	Аудит та огляди ефективності	Моніторинг плану терміну служби та можливих змін витрат
ISO 15686-4:2014 [35]	Використання BIM	Інтеграція інформації для точнішого прогнозування LCC
ISO 15686-5:2017 [36]	Калькуляція LCC	Ключовий стандарт для оцінки вартості життєвого циклу
ISO 15686-7:2017 [37]	Зворотній зв'язок з практики	Поліпшення точності LCC на основі даних з експлуатації
ISO 15686-8:2008 [38]	Довідковий термін служби	Стандартизовані дані для оцінки строку служби
ISO 15686-9:2008 [39]	Оцінка даних терміну служби	Якість вхідної інформації для LCC
ISO 15686-10:2010 [40]	Оцінка функціональності	Контроль продуктивності протягом строку служби
ISO 15686-11:2014 [41]	Термінологія	Уніфікація термінів для однакового розуміння
ISO 15663:2021 [42]	LCC у нафтогазовій галузі	Галузеві особливості розрахунку LCC

Джерело: сформовано автором [31-41]

Для кращого розуміння застосування розглянутих стандартів у контексті різних фаз життєвого циклу, наступна таблиця 1.4 відображає орієнтацію кожного стандарту на певний етап або групу етапів. Це дозволить чітко визначити, які нормативні документи є найбільш релевантними для конкретної стадії життєвого циклу об'єкта управління.

Таблиця 1.4

Орієнтація стандартів на етап життєвого циклу

Етап життєвого циклу	Відповідні стандарти
Загальний життєвий цикл	ISO 15686-1:2011 [32]
Проектування	ISO 15686-2:2012 [33]
	ISO 15686-4:2014 [35]
Будівництво	ISO 15686-3:2002 [34]
Експлуатація та обслуговування	ISO 41001:2018 [43]
	ISO 15686-3:2002 [34]
	ISO 15686-7:2017 [37]
	ISO 15686-10:2010 [40]
Завершення терміну служби	ISO 15686-5:2017 [36]

Джерело: сформовано автором [32-43]

Наприклад, прогнозування терміну служби починається на етапі проектування, але ефективність експлуатації оцінюється вже під час реального використання.

Національні стандарти ДСТУ [44-54] значною мірою узгоджені з міжнародними ISO, що забезпечує відповідність української нормативної бази світовим вимогам. Проте деякі міжнародні стандарти, наприклад, ISO 15686-2, ISO 15686-3, ISO 15686-5, ще не мають національних аналогів. Це свідчить про можливість подальшої адаптації та впровадження цих стандартів для підвищення ефективності управління життєвим циклом будівель, інфраструктури та активів в Україні. Впровадження таких стандартів сприятиме покращенню екологічної стійкості, підвищенню якості управління об'єктами та ресурсами, а також оптимізації витрат протягом всього життєвого циклу активів.

Зважаючи на складність сучасних будівельних проєктів та зростаючі вимоги до їхньої ефективності й сталого розвитку, ми вважаємо за доцільне розширити традиційний поділ життєвого циклу та деталізувати його етапи. Замість чотирьох узагальнених фаз (рис.1.2), які часто не відображають усієї специфіки процесу, пропонується виділяти шість більш конкретних етапів: *ідея (концепція); проєктування; будівництво; експлуатація (в т.ч. відновлення); ремонт, реконструкція, модернізація та ліквідація*. Такий підхід не лише дозволяє точніше врахувати зміст кожної стадії з її унікальними завданнями та особливостями, але й створює передумови для ефективнішого планування ресурсів, оптимізації управління ризиками та проведення обґрунтованої оцінки доцільності реалізації проєкту на кожному етапі його розвитку. Деталізація сприяє кращій координації між учасниками, підвищує прозорість прийняття рішень та, зрештою, позитивно впливає на кінцевий результат проєкту.

Кожен період життєвого циклу характеризується специфічним набором завдань, діяльностей та рішень, які визначають його зміст. Від розробки техніко-економічного обґрунтування до виконання будівельних робіт, експлуатації та демонтажу – кожен етап має свою унікальну сутність. Життєвий цикл будівельного об'єкта має значну часову протяжність, що може охоплювати десятиліття або навіть століття. Врахування часового фактору є критично важливим для планування, фінансування, управління ризиками та забезпечення довговічності об'єкта [55, 56].

Поруч зі змістом етапів, розкритих на рис. 1.4 наведено їх значення для забезпечення не лише фізичного, але й економічного життя. Останнє, звичайно, стає можливим не лише за умов фізичного існування та експлуатаційної придатності будівлі, але й завдяки настільки удалим архітектурно-планувальним, конструктивно-технологічним рішенням, які будуть прийнятними для користувачів нерухомості у середньо і довгостроковій перспективі. Економічна доцільність спорудження визначається ще на передпроектній стадії. Проте, під час більш детального розроблення проєктної документації відбувається уточнення багатьох технічних і споживчих характеристик майбутнього об'єкта, а разом із

ним витрат на будівництво та прогнозів економічно-соціального ефекту від експлуатації [57, 58, 59]. Таким чином, етапи 1 та 2 варто об'єднати в один макро етап «планування економічного і фізичного життя».

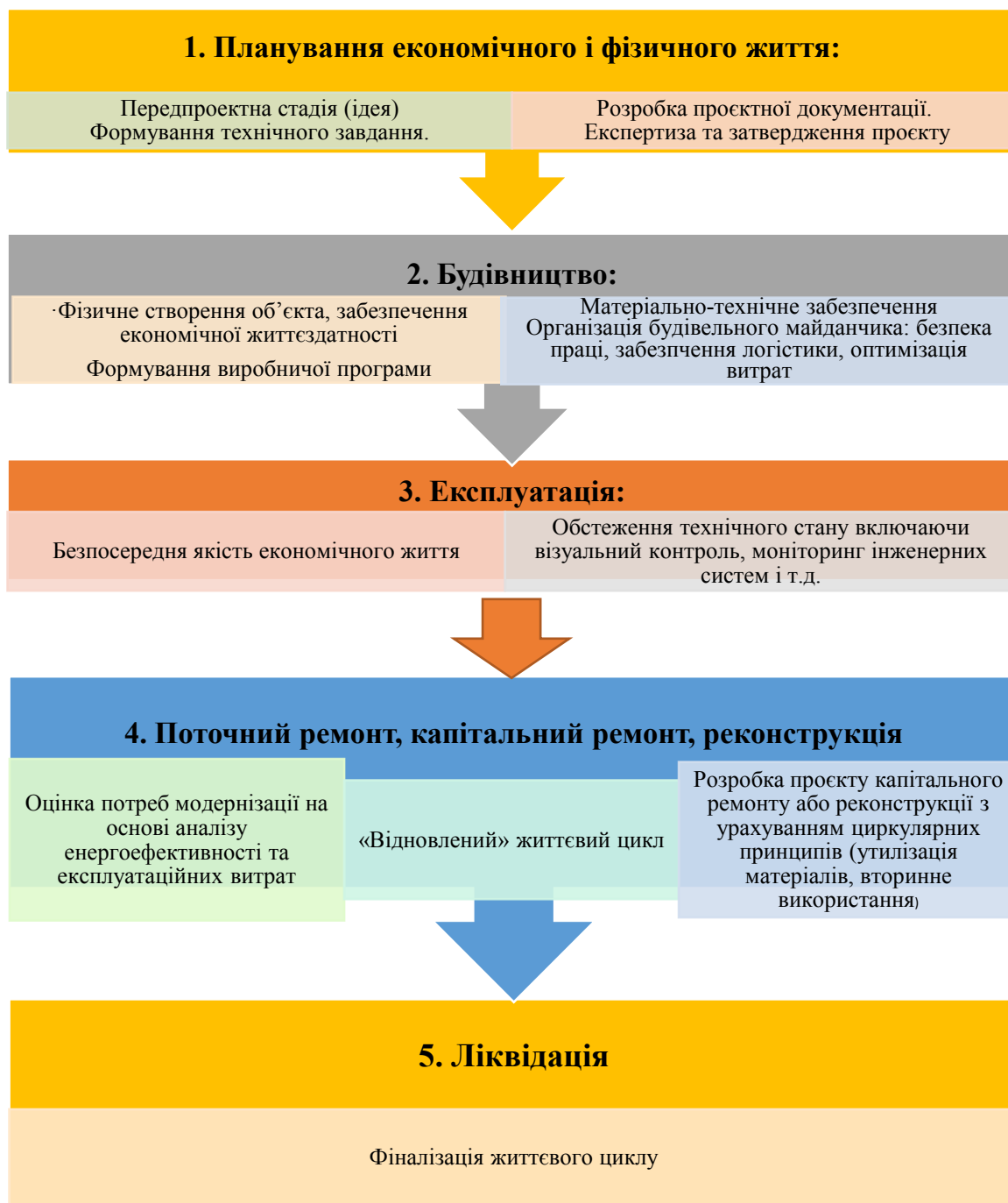


Рис. 1.4. Інтегральний життєвий цикл будівельного проекту

Джерело: розробка автора

Між більшістю етапів, визначених у ДБН В.1.2-5:2007 [22] відносно фізичного існування та стадіями економічного життя, на нашу думку, можна встановити взаємно одночасну відповідність. Зокрема, від того наскільки буде допущено відхилення готового будівельного об'єкта від його образу, призначеним у проєктній документації, щонайменше настільки доведеться коригувати інвестиційні обґрунтування, які супроводжуватимуть створення і використання будівлі.

Завершальний етап 5. Ліквідація – це стан у життєвому циклі будівельного об'єкта може розглядатися як період завершення його існування або повна фіналізація життєвого циклу нерухомості. Проте, його можна суттєво відтермінувати за рахунок неодноразово вдало здійснених модернізацій чи реконструкції (етап 4.). В такому разі, замість 5-стадії відбувається повернення до попередньої, настання третьої-безпосередньої експлуатації із активним економічним життям. Хоча повторна перехідність експлуатаційної стадії буде меншою, залишається можливість багаторазового повернення все ж до неї завдяки вдалому здійсненню етапу 4., який доцільно розглядати як продовження життєвого циклу економічної життєздатності (рис. 1.4). Цей період часто включає реконструкцію або капітальний ремонт, спрямовані на відновлення фізико-механічних й експлуатаційних характеристик об'єкта. Основними аспектами реконструкції є відновлення фізико-механічних властивостей (усунення дефектів, підвищення міцності конструкцій), поліпшення експлуатаційних характеристик (заміна застарілого обладнання, модернізація систем енергозабезпечення, водопостачання тощо), а також адаптація до сучасних умов (врахування нових стандартів і норм, підвищення енергоефективності та екологічності). Після проведення реконструкції будівельний об'єкт отримує нові характеристики, які дозволяють продовжити його експлуатацію на оновленому рівні, забезпечуючи збільшення терміну служби, економічну ефективність і відповідність сучасним вимогам. Таким чином, реконструкція є ключовим моментом у продовженні життєвого циклу об'єкта, сприяючи його адаптації до змінних потреб та умов експлуатації.

Традиційне розуміння життєвого циклу будівельного об'єкта часто фокусується на технічних та економічних аспектах його створення та експлуатації. Проте, зростаюча усвідомленість необхідності сталого розвитку та мінімізації негативного впливу будівельної галузі вимагає розширення цієї перспективи. Сучасний підхід до управління життєвим циклом об'єкта будівництва нерозривно пов'язаний з урахуванням екологічних, соціальних та економічних аспектів на кожному його етапі (табл. 1.5). Саме інтеграція цих трьох складових дозволяє забезпечити сталість будівельних проєктів та їхню довгострокову цінність для суспільства.

Таблиця 1.5

**Екологічні, соціальні та економічні аспекти на етапах життєвого циклу
будівельного об'єкта**

Етап життєвого циклу	Екологічні аспекти	Соціальні аспекти	Економічні аспекти
Ідея (Концепція) та Проєктування	- Вибір ділянки (вплив на екосистеми, біорізноманіття) - Вибір матеріалів (екологічність, вуглецевий слід) - Енергоефективність проєкту - Водокористування - Управління відходами (планування мінімізації)	- Залучення громади (врахування потреб, громадські слухання) - Доступність та інклюзивність - Безпека та здоров'я майбутніх користувачів - Збереження культурної спадщини	- Вартість проєктування - Економічна доцільність проєкту - Пошук інвестицій - Аналіз життєвого циклу (LCC)
Будівництво	- Забруднення повітря (пил, викиди техніки) - Забруднення води (стічні води, потрапляння матеріалів) - Забруднення ґрунту (проливи, відходи) - Шум та вібрація - Утворення відходів будівництва та знесення (сортування, утилізація)	- Безпека праці будівельників - Вплив на місцеву громаду (шум, пил, обмеження руху) - Створення робочих місць - Вплив на соціальну інфраструктуру	- Будівельні витрати (матеріали, праця, обладнання) - Управління витратами - Створення доданої вартості в економіці - Податкові надходження

Етап життєвого циклу	Екологічні аспекти	Соціальні аспекти	Економічні аспекти
Експлуатація	- Споживання енергії (ефективність систем) - Споживання води (ефективність використання) - Утворення побутових відходів (роздільний збір, переробка) - Викиди в атмосферу (від опалення, витік холодоагентів) - Вплив на біорізноманіття (утримання зелених зон)	- Якість життя мешканців/користувачів (комфорт, добробут) - Доступність послуг та інфраструктури - Соціальна інтеграція (створення просторів) - Безпека та охорона	- Експлуатаційні витрати (енергія, вода, обслуговування, ремонт) - Доходи від експлуатації (оренда, послуги) - Вартість нерухомості - Економічна ефективність (рентабельність)
Ліквідація	- Утворення відходів знесення (сортування, переробка) - Забруднення ґрунту та води (контроль за шкідливими речовинами) - Відновлення території (рекультивация)	- Вплив на зайнятість (можлива втрата робочих місць) - Соціальна напруга (щодо використання території) - Перекваліфікація працівників (за необхідності)	- Витрати на знесення та демонтаж - Доходи від утилізації матеріалів - Вартість землі після знесення переplitаються на кожному етапі життєвого циклу об'єкта будівництва, підкреслюючи важливість комплексного підходу до управління будівельними проєктами для забезпечення їхньої сталості та ефективності

Джерело: складено автором на основі [4], [10], [11], [31], [32], [36].

Таким чином, актуальність досліджуваної теми пов'язана з необхідністю мінімізації загальної вартості об'єкта власності при збереженні його якості та функціональності. Зокрема, оцінка вартості життєвого циклу має бути врахована на ранніх стадіях проєктування, що дозволяє зробити економічно ефективний вибір серед альтернативних проєктних рішень і мінімізувати витрати на пізніших етапах. Крім того, цей підхід відповідає вимогам сучасного управління проєктами та законодавчим нормам, як в Україні, так і в ЄС.

1.2. Економічні інструменти управління вартістю на різних етапах життєвого циклу будівельного об'єкта

Економічні інструменти управління вартістю будівельного об'єкта суттєво різняться залежно від етапу його життєвого циклу. На різних стадіях проектування, будівництва, експлуатації та ліквідації виникають різні типи витрат і доходів, а також різні можливості для впливу на вартість (табл. 1.6)

Таблиця 1.6

Основні економічні інструменти управління вартістю

Етап життєвого циклу	Основні економічні інструменти управління вартістю	Основна мета
Ідея (Концепція)	- Аналіз життєвого циклу (LCC) (попередній) - Аналіз "Витрати-Вигоди" (CBA) - Оцінка вартості нерухомості - Фінансове моделювання (попереднє) - Бенчмаркінг (попередній)	- Визначення економічної доцільності проєкту - Вибір оптимальної концепції - Прогнозування потенційної вартості та прибутковості
Проектування	- Аналіз життєвого циклу (LCC) - Кошторис проектування - Вартісний інжиніринг (Value Engineering) - Бенчмаркінг (детальний) - Фінансове моделювання (детальне)	- Оптимізація проєктних рішень з урахуванням вартості - Детальне визначення бюджету проєкту - Зниження потенційних витрат без погіршення якості
Будівництво	- Бюджетування та кошторис - Контроль витрат - Управління ризиками та резервування коштів - Застосування контрактних стратегій - Управління ланцюгом постачання - Вартісний інжиніринг (на етапі будівництва)	- Дотримання запланованого бюджету - Мінімізація перевищення витрат - Управління непередбаченими витратами - Забезпечення економічної ефективності будівельних процесів
Експлуатація	- Аналіз життєвого циклу (LCC) (моніторинг) - Бюджетування експлуатаційних витрат - Управління енергоефективністю - Управління нерухомістю - Оцінка вартості нерухомості (періодична) - Фінансовий аналіз (доходи, витрати)	- Оптимізація експлуатаційних витрат - Максимізація доходів від об'єкта - Моніторинг економічної ефективності - Прийняття рішень щодо модернізації та ремонту

Етап життєвого циклу	Основні економічні інструменти управління вартістю	Основна мета
Ліквідація (Демонтаж)	- Аналіз "Витрати-Вигоди" (СВА) - Кошторис витрат на демонтаж - Оцінка вартості матеріалів для вторинної переробки - Бюджетування витрат на ліквідацію	- Мінімізація витрат на демонтаж та утилізацію - Отримання можливих доходів від вторинної переробки - Економічно обґрунтоване завершення життєвого циклу об'єкта

Джерело: складено автором на основі [60]

Управління вартістю є ключовим аспектом успішної реалізації будівельних проєктів та забезпечення їхньої економічної ефективності протягом усього життєвого циклу. Воно охоплює комплекс заходів, спрямованих на планування, оцінку, контроль та оптимізацію витрат на кожному етапі існування об'єкта, починаючи від проєктування та планування і закінчуючи його ліквідацією. Ефективне управління вартістю вимагає системного підходу та застосування відповідних інструментів і методологій на кожній стадії життєвого циклу. Основні нормативні документи, що регламентують управління вартістю на різних етапах життєвого циклу будівельних об'єктів представлені в табл. 1.7.

Таблиця 1.7

Нормативні документи для різних етапів життєвого циклу об'єктів будівництва в Україні

Етап життєвого циклу	Нормативні документи
Проєктування та планування	- ДБН (Державні будівельні норми): регулюють процеси проєктування, включаючи вимоги до проєктної документації. - Кошторисні норми України "Настанова з визначення вартості проєктних, науково-проєктних та вишукувальних робіт": правила розрахунку кошторису для проєктних робіт.
Будівництво	- Кошторисні норми України "Настанова з визначення вартості будівництва": регулює розрахунок вартості будівельних робіт. - Кошторисні норми України "Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи".
Експлуатація	- Наказ Мінрегіону від 27.07.2018 р. № 190: обов'язковий перелік робіт, витрати на які включаються до складу витрат на утримання багатоквартирних будинків. - ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення: регулює питання пожежної безпеки.

Етап життєвого циклу	Нормативні документи
Експлуатація	- ДСТУ ISO 15686-5:2020 "Будівлі та об'єкти нерухомого майна. Оцінювання вартості життєвого циклу".
Технічне обслуговування	- КНУ Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи: включають різні збірники норм для ремонтних робіт (земляні роботи, електромонтаж тощо). - Порядок визначення вартості ремонту об'єктів соціальної сфери та благоустрою: регулює оцінку вартості ремонтів житлових об'єктів.
Кінець життєвого циклу	- Відсутні конкретні нормативні документи, що регламентують порядок розрахунку вартості завершення життєвого циклу (демонтаж, утилізація тощо)

Джерело: сформовано автором

Таким чином, нормативні документи, узагальнені в табл. 1.7, забезпечують регулювання процесів визначення вартості на всіх етапах життєвого циклу будівельного об'єкта – від проєктування до експлуатації та технічного обслуговування. Вони формують основу для розрахунку витрат і контролю фінансових аспектів будівництва відповідно до чинного законодавства та встановлених норм.

З огляду на це, процес визначення вартості будівництва відбувається поетапно, з урахуванням особливостей кожного етапу життєвого циклу. Спершу, на етапі передпроектних робіт, формується попередня оцінка вартості будівництва. Це відбувається через аналіз даних про схожі об'єкти, використання кошторисних норм та укрупнених показників вартості, скоригованих на поточний рівень цін. Далі, під час стадії проєктування, розробляється детальніша кошторисна документація, яка стає основою для визначення очікуваної вартості закупівель і закладає фінансові рамки будівництва.

Наступний важливий етап – визначення вартості в межах процедури закупівель, коли розглядаються пропозиції учасників і встановлюється договірна ціна. Вона може змінюватися в процесі реалізації проєкту, але загальна сума договору формується за результатами тендерних торгів. Завершальним етапом є стадія взаєморозрахунків, коли уточнюються окремі фінансові показники та

відбуваються остаточні виплати відповідно до умов договору. Усі ці етапи тісно пов'язані між собою, забезпечуючи контроль вартості будівництва на кожному кроці життєвого циклу об'єкта.

Виникнення та розвиток концепції вартості життєвого циклу (life cycle costing – LCC) та оцінки життєвого циклу (life cycle appraisal – LCA)) пов'язують з 1960-ми роками, хоча відкритих публікації тих часів немає. Справа у тім, що до 1975 р. LCC в основному використовувався у США при проєктуванні військових об'єктів. Перші спроби широкого наукового обговорення і застосування концепції у цивільній сфері стосувалися автомобілебудування і датуються кінцем 1970-х років.

В основі аналізу вартості життєвого циклу (LCC) лежить потужна інженерно-економічна методика оптимізації, спрямована на прийняття обґрунтованих рішень щодо вибору найбільш ефективного варіанту серед альтернативних шляхів дій. Суть цієї методики полягає у всебічному дослідженні та порівнянні різних проєктних рішень, технологій, матеріалів або стратегій експлуатації з метою визначення того варіанту, який протягом усього прогнозованого терміну "життя" об'єкта будівництва генерує найбільший чистий дохід або, що еквівалентно, забезпечує найнижчу сукупну вартість життєвого циклу [61].

Іншими словами, аналіз LCC є системним аналітичним процесом, який передбачає ретельну оцінку всіх релевантних економічних факторів, пов'язаних з об'єктом на кожному етапі його існування. Це включає не лише початкові інвестиційні витрати, але й майбутні експлуатаційні витрати, витрати на технічне обслуговування та ремонти, витрати на модернізацію, а також витрати, пов'язані з виведенням об'єкта з експлуатації та його ліквідацією. Шляхом кількісного визначення та порівняння цих витрат для різних альтернатив, аналіз LCC дозволяє обрати той варіант, який забезпечує найефективніше використання наявних ресурсів у довгостроковій перспективі.

Повний та глибокий аналіз LCC може бути надзвичайно складним завданням, особливо при розгляді великих виробничих об'єктів або складних

технічних систем. Це зумовлено необхідністю опрацювання величезних обсягів надійних статистичних даних та інформації, що охоплюють різноманітні аспекти життєвого циклу. До таких даних можуть належати:

- прогнози цін на будівельні матеріали та енергоносії;
- статистика надійності та терміну служби обладнання;
- дані про витрати на технічне обслуговування та ремонти аналогічних об'єктів;
- прогнози зміни нормативних вимог та екологічних стандартів;
- оцінки вартості демонтажу та утилізації.

У випадку складних об'єктів значна частина необхідних даних може бути неточною та невизначеною, що створює додаткові виклики для проведення якісного аналізу LCC. Невизначеність може бути пов'язана з технологічними ризиками, змінами ринкової кон'юнктури, непередбачуваними експлуатаційними факторами та іншими зовнішніми впливами. Тому, при проведенні LCC для складних об'єктів, особливу увагу слід приділяти методам управління невизначеністю, таким як сценарний аналіз та аналіз чутливості, що дозволяють оцінити потенційний вплив різних факторів на результати аналізу та прийняти більш обґрунтовані рішення в умовах інформаційної обмеженості.

Сьогодні концепція оцінки життєвого циклу успішно використовується у Великобританії в рамках так званої «приватної фінансової ініціативи» (Private Financial Initiative – PFI), близького аналогу нашого державно-приватного партнерства у реалізації довгострокових проєктів, таких як школи, лікарні, дороги. Держава виступає у таких проєктах співінвестором, контрагентом при оподаткуванні, кредитором. Створюваний інвесторами консорціум здійснює комплекс робіт та послуг ніби в обмін на потік доходів протягом низки років. Аби схема була привабливою для приватних учасників, держава, наприклад, у випадку будівництва школи чи лікарні, сплачує консорціуму регулярну плату за користування об'єктом, що покриває витрати на будівництво, оренду будівлі (експлуатаційні витрати протягом терміну, наприклад, концесії), витрати на допоміжні послуги та гарантує прийнятний прибуток. Таким чином, усі витрати

упродовж терміну служби й експлуатаційні якості стають важливими у подібних угодах і вимагають попередньої оцінки [62].

Це призвело до розвитку відповідного інформаційного та програмного забезпечення [63, 64, 65]. Останні тенденції у розвитку повної оцінки життєвого циклу об'єкта (Whole Life Appraisal – WLA) пов'язані також з концепцією сталого розвитку (Sustainable Development), прийняттям у різних країнах відповідних будівельних норм. Розширення концепції WLA пов'язане також із так званою інтегрованою логістичною підтримкою (Integrated Logistic Support) – методикою, що використовується, наприклад, в аерокосмічній галузі для гарантії безвідмовного функціонування активів, включаючи забезпечення запасними частинами, інструментами, ремонтним персоналом тощо.

Особи, які приймають рішення, іноді хочуть знати максимальну вартість вхідних ресурсів, які дозволять проєкту бути беззбитковим, або навпаки, яку мінімальну вигоду може принести проєкт, окрім відшкодування вартості інвестицій. Аналіз чутливості та аналіз беззбитковості, а також низка інших підходів до оцінки ризику та невизначеності, детально описані в *Techniques for Treating Uncertainty and Risk in the Economic Evaluation of Building Investments* [66], що видається Національним інститутом стандартів і технології (NIST).

Використання комп'ютерних програм може значно скоротити час і зусилля, витрачені на формулювання LCCA (London College of Contemporary Arts), виконання обчислень і документування дослідження [67, 68]. Нижче наведено декілька програм, пов'язаних із LCCA:

- Building Life-cycle Cost (BLCC) Program – розроблена NIST для Міністерства енергетики (FEMP);
- EconPack для Windows – інструмент економічного аналізу, розроблений Інженерним корпусом армії США на підтримку запитів на фінансування Міністерства оборони;
- Success Estimator.

Міжнародним документом, який забезпечує використання LCC-LCCA-WLA в управлінні експлуатацією об'єктів (Facility Management), є стандарт ISO

14040 [31]. Прогнозування термінів служби, обслуговування та заміни об'єктів та елементів з метою безпеки регулюються стандартом ISO 15686. Більш засадничими, базовими документами є стандарти з менеджменту активів серії ISO 55000-55010, які почали діяти в Україні з 01.01.2020 року. Відповідно до вимог стандарту, як також зазначають розробники LCCA, для підприємств і організацій необхідна ретельна оцінка всіх витрат можливих альтернатив проекту та вибір найнижчої загальної вартості, яка забезпечить інтерес власника у разі відчуження майна залежить від його якісних характеристик та функціональності. Тому LCC-LCCA-WLA слід впроваджувати на ранній стадії проектування, коли ще є можливість мінімізувати витрати при зміні дизайну.

Застосування цього методу базується на наступній класифікації основних видів витрат у життєвому циклі: первинні капітальні витрати, витрати на енергію, інші операційні та фінансові витрати. До основних витрат можна віднести капітальні вкладення в будівництво або реконструкцію будівель і споруд, придбання обладнання. Для попереднього економічного розрахунку проекту заміни технічної системи детальний кошторис вартості будівництва не потрібен. Для цього розроблено систему усереднені показники вартості під час обґрунтування вартості проекту оцінювалася за статистичними даними про подібні об'єкти або визначалася з національних чи недержавних збірників та баз даних. Система Tri-services Parametric Estimating System (TPES), що міститься в Базі критеріїв будівництва (Construction Criteria Base, CCB) Національного інституту будівельних наук (NIBS), розробила моделі різних типів об'єктів шляхом визначення критичних параметрів вартості (тобто кількість поверхів, площа та об'єм, периметр). Надалі, розробники за допомогою алгебраїчних формул відобразили вплив цих значень на процедуру і результати для прогнозування вартості широкого діапазону будівельних систем і підсистем. Для подібних цілей може бути також використана система Success Estimator компанії US Cost [69].

Врахування організаційно-економічних аспектів управління дозволяє мінімізувати витрати, підвищити ефективність використання ресурсів та

забезпечити довговічність і економічну доцільність будівельних об'єктів. Дослідження організаційно-економічних інструментів управління вартістю будівництва дає змогу формувати оптимальні підходи до планування та реалізації проєктів, а також сприяє прийняттю обґрунтованих рішень щодо фінансування та ресурсозабезпечення. У сучасних умовах особливої уваги набувають цифрові технології, які дозволяють підвищити прозорість та точність контролю витрат на всіх етапах життєвого циклу об'єкта.

Систематизуючи викладане вище, доцільно сформулювати чотири основні напрями управління нерухомістю, спрямованого на максимізацію її вартості на всіх етапах життєвого циклу (табл. 1.8), а саме організаційний, економічний, виробничий і програмний аспект. Згідно табл. 1.8 кожен із етапів охоплює по декілька напрямків, реалізованих за допомогою чітко визначених ключових етапів.

Таблиця 1.8

Напрями та елементи управління вартістю об'єктів нерухомості протягом життєвого циклу

Аспекти	Основні напрями	Ключові елементи
Організаційні аспекти	Системний підхід до управління	PMBOK, PRINCE2, BIM, Agile, координація учасників
	Розподіл відповідальності та повноважень	Організаційна структура, ролі учасників
	Контроль і управління ризиками	Ідентифікація ризиків, резерви на непередбачені витрати
Економічні аспекти	Планування вартості життєвого циклу	Total Cost of Ownership (TCO), оптимізація витрат
	Фінансування проєкту	Інвестиції, кредити, субсидії, фінансове прогнозування
	Оцінка економічної ефективності	NPV, IRR, PP, аналіз альтернатив
	Контроль і аудит витрат	KPI, моніторинг, аудит, міжнародні стандарти (FIDIC, ISO)
Виробничі аспекти	Вибір сучасних технологій та матеріалів	Енергоефективність, екологічність, довговічність
	Оптимізація термінів будівництва	Інноваційні рішення, технологічна ефективність
Програмні аспекти	Автоматизація управління витратами	ERP, SAP, цифрові платформи
	Інтеграція даних	Аналіз життєвого циклу, Big Data

Джерело: сформовано автором на основі [70]

Ефективне управління вартістю життєвого циклу будівельних об'єктів вимагає комплексного підходу, який поєднує організаційні, економічні та техніко-технологічні аспекти. Врахування цих факторів на всіх етапах – від розробки концепції до виведення об'єкта з експлуатації – дозволяє забезпечити оптимальне використання фінансових та матеріальних ресурсів, мінімізувати ризики та підвищити загальну продуктивність будівельного проєкту [71, 72].

Основними рекомендаціями для підвищення ефективності управління є:

1. Впровадження сучасних методів управління, таких як BIM, ERP-системи та цифрові технології для контролю та прогнозування витрат.
2. Оптимізація фінансових потоків, що включає залучення ефективних джерел фінансування та використання гнучких підходів до бюджетування.
3. Розробка та впровадження системи управління ризиками, що дозволить мінімізувати невизначеність та підвищити стійкість будівельних проєктів.
4. Забезпечення моніторингу та аудиту витрат, що дозволяє уникнути перевитрат і підвищити ефективність використання ресурсів.

Реалізація цих заходів сприятиме зниженню загальної вартості життєвого циклу будівельних об'єктів, підвищенню їх якості та довговічності, а також досягненню високих економічних показників у будівельній галузі. Рис 1.4 ілюструє значення і завдання організаційно-технологічного забезпечення в життєвому циклі будівель та споруд, включаючи такі етапи, як проєктування, будівництво, обслуговування, модернізація, реконструкція та ліквідація. Основна увага приділяється технологічності процесів, спрямованих на повторне використання ресурсів, утилізацію та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Вона демонструє логічний зв'язок між ключовими етапами життєвого циклу об'єкта, технологіями утилізації та кінцевими результатами, які сприяють відновленню ресурсів і підтримці екологічної рівноваги.

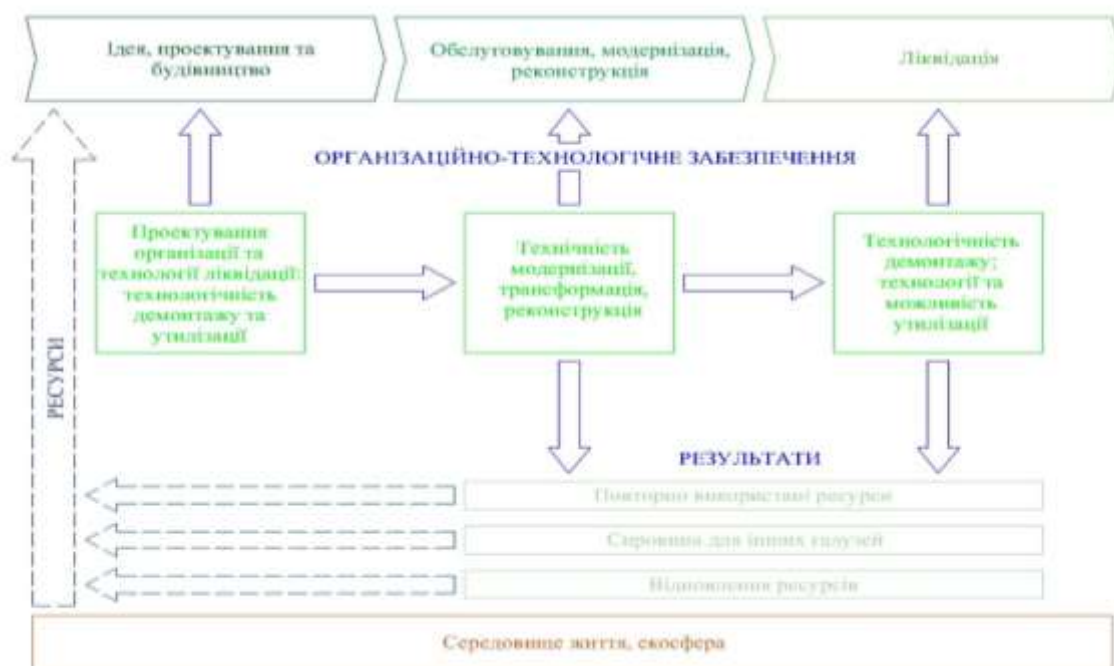


Рис. 1.5. Організаційно-технологічне забезпечення життєвого циклу будівель і споруд (Джерело: сформовано автором)

Схема ілюструє вплив організаційно-технологічне забезпечення на перебіг основних етапів в життєвого циклу і їх конструктивних елементів циклу будівель та споруд, охоплюючи такі етапи, як проектування, будівництво, обслуговування, модернізація, реконструкція та ліквідація. Рис. 1.5, ілюструє життєвий цикл об'єкта будівництва, починаючи від залучення ресурсів і закінчуючи утилізацією та повторним використанням матеріалів. На початковому етапі відбувається залучення ресурсів, серед яких матеріали, технології, фінанси та трудові ресурси. Далі здійснюється організаційно-технологічне забезпечення, що включає проектування, модернізацію та оцінку технологічності майбутнього об'єкта (рис. 1.4, етап 4). Після цього відбувається сам процес будівництва, монтажу, а згодом і експлуатація, що потребує обслуговування, підтримки та ремонту. Коли об'єкт вичерпує свій ресурс, починається етап ліквідації, що включає демонтаж, утилізацію або можливість вторинного використання матеріалів. Завершальний етап життєвого циклу передбачає повторне використання ресурсів, їхню переробку або застосування у нових сферах, що сприяє зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище.

Етапи життєвого циклу об'єкта будівництва, такі як проектування та зведення, повинні невід'ємно включати стратегічне планування технологічно ефективного демонтажу та подальшої утилізації будівельних матеріалів. Паралельно, процеси обслуговування, модернізації та реконструкції відіграють ключову роль у забезпеченні пролонгації життєвого циклу об'єкта через його систематичне оновлення та функціональну трансформацію, адаптуючи споруду до мінливих потреб та вимог часу. На завершальному етапі ліквідації особливого значення набувають ретельно розроблені процедури демонтажу та переробки матеріалів після завершення експлуатаційного періоду.

Застосування технологій ресайклінгу є беззаперечно важливим на кожному з означених етапів. Саме ці технології обумовлюють потенційну нерівномірність життєвого циклу окремих конструктивних елементів будівлі, відкриваючи можливість їх збереження та подальшого використання в нових об'єктах, що зводяться після ліквідації попередніх споруд. Реалізація такого сценарію стає можливою лише за умови, що організаційно-технологічне забезпечення вже на етапі проектування передбачає розробку деталізованих технологій ліквідації, включаючи методи безпечного та ефективного демонтажу, а також екологічно відповідальної утилізації відпрацьованих матеріалів. У процесі модернізації ключову роль відіграє впровадження інноваційних технологій реконструкції та функціональної трансформації, спрямованих на підвищення ефективності та адаптивності існуючого об'єкта. На фінальному етапі ліквідації першочергового значення набуває врахування потенціалу повторного використання будівельних матеріалів, а також застосування сучасних, екологічно безпечних методів їх утилізації, мінімізуючи таким чином негативний вплив на навколишнє середовище.

Результати цього процесу включають повторно використані ресурси, які застосовуються повторно в будівництві; сировину для інших галузей, отриману внаслідок переробки матеріалів; а також відновлення ресурсів, що сприяє екологічному балансу та збереженню навколишнього середовища. Цей підхід спрямований на оптимізацію використання ресурсів і забезпечення сталого

розвитку, знижуючи негативний вплив на екосферу шляхом екологічно безпечної утилізації.

Схема (рис. 1.6) ілюструє процеси життєвого циклу проекту, акцентуючи увагу на здатності впливати на вартість життєвого циклу (LCC) на кожному з етапів. Початкові етапи проекту, такі як концептуальні дослідження та розширений розвиток, мають найбільший потенціал для впливу на витрати, тоді як на пізніх етапах більша частина витрат вже визначена, і можливість впливу знижується.



Рис. 1.6. Вплив етапів життєвого циклу на вартість (LCC)

Джерело: сформовано автором на основі [71]

Перший етап, концептуальні дослідження, дає змогу ухвалювати 70-75% рішень, які впливають на витрати, забезпечуючи високу гнучкість і можливість змін. На наступному етапі, компоненти розширеного розвитку, ухвалюється до 85% рішень, проте здатність впливати на LCC знижується до 10-15%. На етапі системної інтеграції та ескізного проєкту ухвалюється 90-95% рішень, а можливість впливу знижується до 5-10%.

Далі йдуть демонстрація систем, «тестування» та «оцінювання», а також «виробництво», де основні рішення вже прийняті, і вплив на витрати стає мінімальним. Нарешті, на етапі «експлуатації, підтримки та утилізації», який становить 72% вартості життєвого циклу, можливості впливу відсутні. Таким чином, ранні етапи, які охоплюють лише 28% життєвого циклу, є вирішальними для мінімізації загальних витрат, що не суперечить загальновизнаному правилу Парето-продуктивності 20 ± 10 на 80 ± 10 , а у контексті логічного управління всі етапи, що передують експлуатації варто позначити як «категорію А». Ця схема підкреслює важливість ретельного планування і прийняття рішень на початкових стадіях проєкту.

Об'єкти нерухомості демонструють тенденцію прискорення морального та фізичного зношування основних фондів, що потребує постійного оновлення будівель і споруд. В умовах зростання важливості етапів демонтажу, ліквідації об'єктів, утилізації матеріалів та рекультивації ділянок проєктування будівель повинно враховувати завершальні етапи їх життєвого циклу. Застарілі методи демонтажу, як-от спрямовані вибухи, часто супроводжуються значними витратами, екологічними ризиками й відсутністю належної переробки матеріалів, що посилює негативний вплив на довкілля. Для переходу до замкненого циклу ресурсів будівництва необхідно впроваджувати організаційно-технологічні рішення, які забезпечать адаптацію будівель до трансформацій та утилізації. Це включає прогнозування зношуваності підсистем, мінімізацію використання невідновлюваних матеріалів, розвиток технологій повторного використання та рекультивації земель. Інтеграція цих підходів дозволить підвищити ефективність будівельних проєктів з урахуванням екологічних і соціальних факторів, зменшити шкоду для майбутніх поколінь і забезпечити сталий розвиток міст.

Комплексна оцінка параметрів життєвого циклу проєкту включає як екологічний (LCA) так і економічний аналіз (LCC). Для всієї будівлі також застосовують термін «whole building life cycle assessment» (WBLCA) [73].

Зазвичай найскладнішою для екологічного урахування є фаза експлуатації, а для економічного аналізу — навпаки, фаза експлуатації є найважливішою.

Екологічна оцінка життєвого циклу пов'язана із тим, що різні будівельні матеріали та вироби чинять різний вплив на навколишнє середовище на всіх стадіях свого життєвого циклу. Цей вплив залежить від багатьох факторів – транспортних, виробничих, експлуатаційних, утилізаційних тощо.

У закордоній літературі виділяють три основні методології LCA [74]:

1. LCA на основі процесу. Ретельний аналіз кожного процесу розбивається на його окремі підпроцеси, а входи та виходи кожного визначаються кількісно. Цей аналіз процесу проводиться для всіх вхідних ресурсів, відстежуючи кожен процес до самого початку, де сировина була джерелом або видобута. Однак у цьому підході є значні проблеми, зокрема щодо суб'єктивного процесу прийняття рішень щодо визначення того, які процеси слід включити або виключити з аналізу, а також щодо доступності та надійності даних про попередні процеси. Крім того, цей метод є надзвичайно складним і трудомістким. З іншого боку, аналіз, заснований на процесах, відрізняється своєю специфічністю та точністю, особливо коли мова йде про ретельний комплексний аналіз продукту.

2. LCA за оцінкою «Вхід-вихід». В оцінці «Вхід-вихід» (input-output) всі входи виробництва перетворюються на економічні фактори. Щоб оцінити економічні обміни протягом життєвого циклу продукту, галузеві дані агрегуються та аналізуються за допомогою математичних алгоритмів. Цей підхід був виведений з екологічного аналізу, вперше концептуалізованого Нобелівським лауреатом, американським економістом В. Леонтьєвим у 1940-х роках. В аналізі враховуються як матеріальні, так і нематеріальні ресурси. Однак недолік цього методу полягає в тому, що він використовує середні показники по галузі, що робить його непридатним для точного визначення конкретних деталей про певний продукт, місце чи країну. Крім того, виробничі процеси та технології можуть суттєво відрізнятися в різних частинах світу. Тим не менш, оцінка вводу-виходу є перевагою, оскільки вона може швидко й без зусиль обчислити, здавалося б, нескінченні процедури висхідного потоку.

3. Гібридні моделі LCA, що поєднують елементи двох вищевказаних підходів [75].

Оцінка життєвого циклу (LCA) (також відома як аналіз життєвого циклу – life cycle analysis) – це методологія оцінки впливу на довкілля, пов'язаного з усіма етапами життєвого циклу комерційного продукту, процесу або послуги.

Наприклад, у випадку промислового продукту вплив на довкілля оцінюється від видобутку та переробки сировини (коліска), через виробництво, дистрибуцію та використання продукту до переробки або остаточної утилізації матеріалів, з яких він складається (утилізація).

LCC особливо корисний, коли необхідно порівняти альтернативи проєкту, які відповідають однаковим вимогам до продуктивності, але відрізняються початковими та експлуатаційними витратами, щоб вибрати той, який максимізує чисту економію. Наприклад, гібридні моделі LCC допоможуть визначити, чи є рентабельним впровадження високоефективної системи опалення, вентиляції, кондиціонування повітря, рекуперації або системи скління, що може збільшити початкову вартість, але призведе до значного зниження експлуатаційних витрат і витрат на технічне обслуговування. LCC не є корисним для розподілу бюджету.

У контексті управління вартістю об'єктів будівництва терміни LCC (Life Cycle Cost) та LCCA (Life Cycle Cost Analysis) часто використовуються як взаємозамінні, проте є тонка відмінність у їхньому значенні.

- LCC – Вартість Життєвого Циклу. Це безпосередньо сукупна вартість об'єкта або системи за весь період його існування, від проєктування та будівництва до експлуатації, обслуговування, ремонту та утилізації. LCC – це числове значення, кінцевий результат розрахунків.

- LCCA – Аналіз Вартості Життєвого Циклу. Це процес або методологія оцінки та порівняння загальних витрат на різні проєктні альтернативи протягом їхнього життєвого циклу. LCCA – це інструмент, який використовується для:

- оцінки всіх витрат (початкових, експлуатаційних, витрат на обслуговування, утилізацію тощо);
- порівняння різних варіантів для вибору найбільш економічно ефективного;
- прийняття обґрунтованих інвестиційних рішень;
- визначення економічної доцільності інвестицій.

Основна відмінність:

- LCC – це результат, числове значення, що відображає загальну вартість.
- LCCA – це процес, методологія або інструмент, що дозволяє отримати це значення та проаналізувати його, часто з метою порівняння альтернатив.

LCCA і LCA враховують вплив, пов'язаний зі стадіями життєвого циклу, підтримують прийняття рішень і являють собою ітераційні процеси вдосконалення з більш детальною інформацією та кращими даними. Незважаючи на ці подібності, існують радикальні відмінності в цілях і підходах між LCA і LCCA (табл.1.9).

Таблиця 1.9

Порівняння методів LCA та LCCA

Інструмент/ Метод	LCA (Life Cycle Analysis)	LCCA(Life Cycle Cost Analysis)
Мета	Порівняння відносної екологічної ефективності альтернативних систем продуктів для виконання тієї ж функції кінцевого використання з широкої соціальної точки зору	Визначення рентабельності альтернативних інвестицій і бізнес-рішень з точки зору особи, яка приймає економічні рішення, наприклад виробничої фірми або споживача
Сфера діяльності	Ланцюг постачання процесів, що підтримують фазу використання; повне фізичне використання	Діяльність, яка безпосередньо спричиняє витрати або вигоди для особи, яка приймає рішення, протягом економічного життя інвестиції в результаті інвестиції
Розглянуті потоки	Забруднювачі, ресурси та міжпроцесні потоки матеріалів та енергії	Прямі витрати та вигоди для особи, яка приймає рішення
Блоки для відстеження потоків	Фізичні та енергетичні одиниці	Грошові одиниці
Час та обсяг	Час ігнорується; усі причинно-наслідкові потоки та деякі інші впливи, зруйновані в часі та оцінені однаково незалежно від часу	Час має вирішальне значення. Поточна оцінка (дисконтування) витрат і вигод. Конкретний часовий горизонт, за межами якого витрати та вигоди ігноруються

Джерело: сформовано автором на основі [76, 77]

З урахуванням наведених відмінностей між LCA та LCC, LCCA стає очевидним, що економічні оцінки життєвого циклу потребують спеціальних

фінансових інструментів, здатних враховувати зміну вартості грошей у часі. Одним із таких інструментів є метод дисконтування грошових потоків (Discounted Cash Flow, DCF), який є основою для розрахунків вартості життєвого циклу (LCC) будівельних об'єктів. Його застосування дозволяє об'єктивно порівнювати альтернативні інвестиційні рішення, враховуючи вплив інфляції, ризиків та можливих змін у структурі витрат протягом усього періоду експлуатації об'єкта.

1. Дисконтування грошових потоків (Discounted Cash Flow – DCF).

Метод дисконтування грошових потоків (DCF) є фундаментальним та найбільш широко використовуваним підходом для проведення оцінки вартості життєвого циклу (LCC) будівельних об'єктів. Його ключова ідея полягає в тому, що вартість грошей змінюється з часом. Це зумовлено такими факторами, як інфляція, можливість інвестування грошей з отриманням прибутку, а також ризики, пов'язані з майбутніми подіями.

Метод DCF враховує цю часову цінність грошей шляхом приведення всіх майбутніх грошових потоків, пов'язаних з об'єктом протягом його життєвого циклу, до їхньої поточної вартості [78]. Це дозволяє коректно порівнювати різні варіанти інвестицій або проєктних рішень, які мають різні графіки витрат і доходів у часі.

Основні етапи методу дисконтування грошових потоків:

1) Обирається період часу, протягом якого прогнозуються всі значущі грошові потоки, пов'язані з будівельним об'єктом. Цей період зазвичай охоплює весь очікуваний термін служби об'єкта, від початку проєктування до моменту його ліквідації. Хоча тривалість часового горизонту може варіюватися залежно від типу об'єкта, його призначення та цілей аналізу. Для довговічних об'єктів, таких як житлові будинки або інфраструктурні споруди, горизонт може становити 50 років і більше.

2) Ідентифікуються та кількісно оцінюються всі очікувані витрати та доходи, пов'язані з об'єктом на кожному році прогнозованого періоду. Включають початкові інвестиції (проєктування, будівництво, придбання обладнання), регулярні експлуатаційні витрати (енергія, вода, комунальні послуги), витрати на

технічне обслуговування та ремонти (поточні, капітальні), витрати на модернізацію та реконструкцію, а також витрати на виведення з експлуатації та ліквідацію (демонтаж, утилізація, рекультивація). Для комерційних об'єктів можуть також бути включені доходи від оренди, продажу послуг, тощо. На етапі ліквідації можливі доходи від продажу вторинних ресурсів. Для некомерційних об'єктів доходи можуть бути представлені у вигляді умовних вигод або заощаджень (наприклад, економія на енергоспоживанні). Важливо враховувати можливі зміни цін (інфляцію) на різні види витрат та доходів протягом часового горизонту аналізу.

3) Вибір ставки дисконтування є ключовим параметром методу DCF, оскільки вона відображає вартість капіталу для інвестора або власника об'єкта, а також рівень ризику, пов'язаний з проектом.

Вибір ставки дисконтування може здійснюватися на основі:

- Середньозваженої вартості капіталу (Weighted Average Cost of Capital – WACC): Враховує вартість власного та залученого капіталу.
- Дохідності альтернативних інвестицій: Відображає потенційний дохід, який інвестор міг би отримати від інших інвестицій з аналогічним рівнем ризику.
- Безризикової ставки доходу з урахуванням премії за ризик: Базується на дохідності державних облігацій (як безризикової ставки) з додаванням премії, що відображає специфічні ризики проекту.

Правильний вибір ставки дисконтування є критично важливим, оскільки він суттєво впливає на результати аналізу DCF. Вища ставка дисконтування призводить до нижчої поточної вартості майбутніх грошових потоків.

4) Далі виконується розрахунок поточної вартості і визначається чиста поточна вартість (NPV) проекту шляхом підсумовування всіх дисконтованих грошових потоків (від'ємних для витрат і додатних для доходів).

При порівнянні альтернативних варіантів, варіант з нижчим (менш від'ємним) NPV витрат вважається економічно вигіднішим, оскільки він має меншу сукупну вартість у поточних грошах протягом життєвого циклу. Якщо NPV є від'ємним, це означає, що сукупна поточна вартість витрат перевищує

сукупну поточну вартість доходів (або умовних вигод) за обраною ставкою дисконтування.

2. *Метод еквівалентної річної вартості (Equivalent Annual Cost/Benefit – EAC/EAB) [79].*

Метод еквівалентної річної вартості (EAC) або, у ширшому сенсі, еквівалентної річної вигоди (EAB), є ще одним важливим інструментом в арсеналі методологічних підходів до оцінки вартості життєвого циклу (LCC) будівельних об'єктів. Він особливо цінний при порівнянні альтернативних варіантів інвестицій або проєктних рішень, які мають різні терміни служби.

Основна ідея методу EAC/EAB полягає в тому, щоб перетворити загальну чисту поточну вартість (NPV), розраховану для кожного альтернативного варіанта, на еквівалентну щорічну суму протягом усього прогнозованого терміну служби цього варіанта. Таким чином, замість порівняння загальних NPV, які можуть бути складно інтерпретувати при різних часових горизонтах, метод EAC/EAB дозволяє порівнювати середньорічні витрати (EAC) або вигоди (EAB) для кожної альтернативи, що значно полегшує процес прийняття рішень.

Методика розрахунку EAC/EAB:

1) Розрахунок NPV для кожної альтернативи з використанням методу дисконтування грошових потоків, як було описано раніше. Це включає прогнозування всіх витрат і доходів протягом життєвого циклу кожного варіанта та приведення їх до поточної вартості за обраною ставкою дисконтування.

2) Для перетворення NPV на еквівалентну річну суму використовується коефіцієнт ануїтету, який залежить від ставки дисконтування (r) та терміну служби (n) відповідного варіанта.

3) Розрахунок еквівалентної річної вартості (EAC) або вигоди (EAB).

Для витрат (EAC). Якщо NPV представляє чисту поточну вартість витрат (зазвичай від'ємне значення), EAC розраховується шляхом ділення абсолютної величини NPV на коефіцієнт ануїтету (ф-ла 1.1):

$$EAC = |NPV| / PVAF \quad (1.1)$$

Варіант з нижчим EAC вважається економічно вигіднішим, оскільки він має

менші середньорічні витрати.

Для вигод (EAB): Якщо NPV представляє чисту поточну вартість вигод (додатне значення), EAB розраховується аналогічно:

$$EAB = NPV / PVAF \quad (1.2)$$

Варіант з вищим EAB вважається економічно вигіднішим, оскільки він генерує більші середньорічні вигоди.

У випадку, коли NPV враховує як витрати, так і вигоди, еквівалентна річна вартість (EAW – Equivalent Annual Worth) розраховується як:

$$EAW = NPV / PVAF = EAB - EAC \quad (1.3)$$

Варіант з вищим EAW є кращим.

3. Аналіз періоду окупності (*Payback Period Analysis*) [80].

Аналіз періоду окупності (*Payback Period Analysis*) є одним з найпростіших та найбільш інтуїтивно зрозумілих методів оцінки економічної ефективності інвестицій, включаючи проекти в будівельній галузі. Він визначає час, необхідний для того, щоб сукупні грошові надходження від інвестиційного проекту повністю покрили початкові інвестиційні витрати. Іншими словами, він показує, за який період часу інвестиції "окупляться".

4. Аналіз "витрати-ефективність" (*Cost-Effectiveness Analysis – CEA*) [81].

Аналіз "витрати-ефективність" (CEA) є методологічним підходом, який використовується для порівняння витрат різних альтернативних варіантів дій, спрямованих на досягнення однакової або подібної мети, коли вигоди (результати) складно або недоцільно виражати в грошовій формі. У контексті оцінки вартості життєвого циклу будівельних об'єктів, CEA стає особливо цінним, коли необхідно порівняти варіанти, що мають схожі функціональні характеристики або забезпечують досягнення певних немонетарних цілей (наприклад, рівень енергоефективності, екологічність, комфорт), але відрізняються за своїми витратами.

В якості показників ефективності в будівництві можна використовувати: рівень енергоспоживання (кВт·год/рік, кДж/м²); обсяг викидів парникових газів (кг CO₂-екв./рік); рівень водоспоживання (л/рік); кількість створених робочих

місць; рівень шумового забруднення (дБ); індекс теплоізоляції; рейтинг екологічної сертифікації (наприклад, LEED, BREEAM); рівень комфорту користувачів (наприклад, за результатами опитувань).

5. Методи обліку повної вартості (Total Cost of Ownership – TCO):

Методи обліку повної вартості (Total Cost of Ownership – TCO) являють собою розширений підхід до оцінки всіх витрат, пов'язаних з придбанням, володінням, використанням та виведенням з експлуатації активу протягом усього його життєвого циклу. У контексті будівельних об'єктів, TCO виходить за межі традиційного аналізу початкових інвестиційних витрат і включає широкий спектр прямих та непрямих витрат, а також потенційні вигоди.



Рис. 1.7. Повна вартість (TCO): приховані витрати за межами ціни придбання [82]

У айсберга, де видима надводна частина символізує ціну придбання товару або послуги, яка становить лише 20% від загальної вартості (Total Cost of Ownership – TCO), що значно більша за підводну частину, яка становить 80%, відображає приховані витрати, що виникають протягом усього життєвого циклу володіння об'єктом.

Рис. 1.7 наочно ілюструє, що реальна вартість володіння значно перевищує початкову ціну придбання і включає в себе безліч інших, часто неочевидних

витрат, які необхідно враховувати при прийнятті рішення про покупку.

Хоча терміни LCC та TCO часто використовуються як синоніми, TCO може розглядатися як більш всеосяжний фреймворк, який не лише враховує кількісно вимірювані фінансові витрати, але й може включати якісні аспекти, такі як ризики, вплив на продуктивність, задоволеність користувачів та інші фактори, що впливають на загальну вартість володіння.

TCO для будівельного об'єкта може включати наступні категорії витрат:

1) Витрати на придбання/створення (Acquisition Costs):

- вартість проектування та інжинірингу;
- витрати на придбання земельної ділянки;
- вартість будівельно-монтажних робіт;
- витрати на придбання та встановлення обладнання та меблів;
- юридичні та адміністративні витрати, пов'язані з придбанням або будівництвом.

2) Операційні витрати (Operating Costs):

- витрати на енергоносії (електроенергія, опалення, охолодження, вода);
- витрати на комунальні послуги (водовідведення, вивезення сміття);
- витрати на прибирання та утримання території;
- витрати на охорону та безпеку;
- витрати на страхування.;
- витрати на управління нерухомістю.

3) Витрати на обслуговування та ремонт (Maintenance and Repair Costs):

- регулярне технічне обслуговування інженерних систем (електропостачання, водопостачання тощо).
- поточні та капітальні ремонти конструкцій та оздоблення;
- заміна зношеного обладнання та матеріалів.

4) Адміністративні та управлінські витрати (Administrative and Management Costs):

- заробітна плата персоналу, залученого до управління та експлуатації об'єкта;

- витрати на інформаційні технології та програмне забезпечення для управління об'єктом;

- консультаційні та юридичні послуги.

5) Витрати, пов'язані з користувачами (User-Related Costs):

- вплив якості будівлі на продуктивність праці співробітників (для комерційних об'єктів);

- вплив комфорту та безпеки на задоволеність мешканців або користувачів;

- витрати на навчання користувачів роботі з обладнанням та системами будівлі.

6) Витрати на ризики та непередбачувані обставини (Risk and Contingency Costs):

- фінансові наслідки потенційних ризиків (технічних, екологічних, економічних);

- витрати на усунення наслідків непередбачуваних подій.

7) Витрати на виведення з експлуатації та ліквідацію (End-of-Life Costs):

- витрати на демонтаж або знесення будівлі;

- витрати на транспортування та утилізацію будівельних відходів;

- витрати на рекультивацію території;

- потенційні доходи від реалізації вторинних ресурсів.

Методи оцінки життєвого циклу будівництва є перспективним напрямом розвитку будівельної галузі в Україні. Вони дозволяють підвищити ефективність архітектурно-проектних рішень при будівництві об'єктів та управління ними на всіх етапах життєвого циклу, скоротити терміни будівництва, знизити витрати на проект. Однак для успішного застосування цих технологій необхідна школа підготовки фахівців та створення умов для їх використання на практиці в умовах сьогодення.

1.3. Організаційні інструменти та їхній вплив на управління вартістю на етапах життєвого циклу об'єктів будівництва

Ефективне управління вартістю будівельного об'єкта протягом усього його життєвого циклу є складним завданням, що вимагає не лише застосування відповідних економічних інструментів, але й створення належного організаційного підґрунтя. Організаційні інструменти відіграють ключову роль у формуванні культури контролю витрат, забезпеченні чіткої відповідальності, налагодженні ефективної комунікації та координації між усіма учасниками проекту.

Таблиця 1.10

Організаційні інструменти управління вартістю на різних етапах життєвого циклу будівельного об'єкта

Етап життєвого циклу	Основні організаційні інструменти управління вартістю	Основна мета
Ідея (Концепція)	- Чітке визначення ролей та відповідальностей учасників проекту - Забезпечення ефективної комунікації та координації між усіма зацікавленими сторонами - Формування команди проекту з необхідними компетенціями - Впровадження структури управління вартістю (наприклад, відділ управління вартістю) - Застосування інформаційних систем управління проектами (PMIS) для відстеження витрат - Забезпечення чіткої організаційної структури для контролю вартості	- Сприяння ефективній взаємодії між учасниками проекту для мінімізації непорозумінь та затримок, що впливають на вартість - Забезпечення наявності кваліфікованих фахівців для управління вартістю
Проектування	- Залучення до процесу проектування фахівців з управління вартістю - Проведення регулярних нарад з питань вартості - Застосування методології BIM (інформаційне моделювання будівель) для візуалізації та контролю вартості - Впровадження системи управління змінами для контролю впливу змін на вартість - Проведення аналізу "можливість-вартість" на ранніх етапах проектування	- Інтеграція управління вартістю в процес проектування - Забезпечення своєчасного виявлення та усунення проектних рішень, що призводять до зайвих витрат - Покращення комунікації та обміну інформацією про вартість між проектною командою

Етап життєвого циклу	Основні організаційні інструменти управління вартістю	Основна мета
Будівництво	- Створення системи контролю виконання робіт та витрат - Проведення регулярних звітів про стан виконання бюджету - Організація ефективного документообігу для контролю фінансових операцій - Застосування системи управління якістю для запобігання переробкам, що призводять до додаткових витрат - Проведення регулярних аудитів витрат	- Забезпечення прозорості фінансових операцій - Своєчасне виявлення та реагування на відхилення від бюджету - Мінімізація витрат, пов'язаних з низькою якістю робіт
Експлуатація	- Створення системи обліку експлуатаційних витрат - Запровадження програм енергоефективності та водозбереження - Укладання вигідних договорів на обслуговування - Проведення періодичних оцінок ефективності управління витратами - Залучення користувачів до програм заощадження ресурсів	- Забезпечення ефективного управління експлуатаційними витратами - Зниження витрат на утримання об'єкта - Підвищення економічної ефективності експлуатації
Ліквідація (Демонтаж)	- Розробка плану демонтажу з урахуванням вартості - Залучення спеціалізованих організацій з демонтажу - Проведення тендерів для вибору виконавців робіт з демонтажу - Контроль витрат на демонтаж та утилізацію відходів - Організація процесу продажу матеріалів для вторинної переробки	- Мінімізація витрат на демонтаж та утилізацію - Отримання максимальної вигоди від реалізації матеріалів

Джерело: складено автором на основі [100], [101], [102]

На початковому етапі формування ідеї проєкту закладаються основи для майбутнього управління вартістю. Серед ключових організаційних інструментів можна виділити:

- чітке визначення ролей та відповідальностей учасників проєкту – на цьому етапі важливо ідентифікувати всіх ключових стейкхолдерів та чітко розподілити між ними ролі, відповідальності та повноваження щодо прийняття рішень, що впливають на вартість проєкту. Це запобігає дублюванню функцій, забезпечує підзвітність та сприяє ефективному контролю на наступних етапах [83];

- забезпечення ефективної комунікації та координації між усіма зацікавленими сторонами – налагодження відкритих та прозорих каналів комунікації між замовником, майбутньою проектною командою, консультантами та іншими зацікавленими сторонами є критично важливим для спільного розуміння цілей проекту, обмежень бюджету та потенційних ризиків, що можуть вплинути на вартість [84];

- формування команди проекту з необхідними компетенціями – залучення до проекту на ранніх етапах фахівців з досвідом управління вартістю, проектного менеджменту, інжинірингу та фінансів забезпечує наявність необхідних знань та навичок для прийняття обґрунтованих рішень, що мінімізують майбутні витрати [85, 86];

- впровадження структури управління вартістю (наприклад, відділ управління вартістю) – створення спеціалізованої організаційної одиниці або призначення відповідальної особи за управління вартістю на ранніх етапах демонструє пріоритетність контролю витрат та забезпечує централізований підхід до цього процесу протягом усього життєвого циклу об'єкта будівництва;

- застосування інформаційних систем управління проектами (PMIS) для відстеження витрат (на початковому рівні) – впровадження PMIS навіть на ранніх етапах дозволяє фіксувати первинну інформацію про бюджет, потенційні витрати та здійснювати базовий моніторинг фінансових показників.

На етапі проектування організаційні інструменти спрямовані на інтеграцію управління вартістю в процес розробки проектної документації:

- залучення до процесу проектування фахівців з управління вартістю – активна участь кошторисників, інженерів з управління вартістю та інших відповідних спеціалістів у розробці проектних рішень дозволяє своєчасно виявляти та усувати проектні рішення, що призводять до зайвих витрат або не є економічно обґрунтованими;

- проведення регулярних нарад з питань вартості – організація регулярних зустрічей проектною командою, включаючи архітекторів, інженерів та фахівців з управління вартістю, для обговорення питань, пов'язаних з вартістю, аналізу

альтернативних рішень та прийняття обґрунтованих компромісів між технічними вимогами та бюджетними обмеженнями;

- застосування методології BIM (інформаційне моделювання будівель) для візуалізації та контролю вартості – BIM забезпечує інтегровану платформу для візуалізації проєкту, обміну інформацією між різними дисциплінами та автоматизованого відстеження кількісних показників, що безпосередньо впливають на вартість [87, 88, 89];

- впровадження системи управління змінами для контролю впливу змін на вартість – формалізований процес розгляду, оцінки та затвердження змін до проєктної документації дозволяє контролювати їхній вплив на загальну вартість проєкту та запобігати несанкціонованим збільшенням витрат [90];

- проведення аналізу "можливість-вартість" на ранніх етапах проєктування – організація міждисциплінарних сесій для ідентифікації потенційних можливостей для зниження вартості проєкту без погіршення його функціональності або якості.

На етапі будівництва організаційно-економічні інструменти спрямовані на забезпечення ефективного виконання робіт у межах затвердженого бюджету:

- створення системи контролю виконання робіт та витрат – впровадження чітких процедур обліку виконаних робіт, використаних матеріалів та понесених витрат, а також регулярне порівняння фактичних показників з плановими;

- проведення регулярних звітів про стан виконання бюджету – підготовка та розповсюдження серед ключових стейкхолдерів регулярних звітів про поточний стан бюджету проєкту, виявлені відхилення та прогнози щодо майбутніх витрат;

- організація ефективного документообігу для контролю фінансових операцій - забезпечення належного оформлення всіх фінансових документів (рахунків-фактур, актів виконаних робіт, платіжних доручень) та їх своєчасного обліку в PMIS;

- застосування системи управління якістю для запобігання переробкам, що призводять до додаткових витрат – впровадження процедур контролю якості на

всіх етапах будівельних робіт для мінімізації дефектів та необхідності у переробках, які суттєво впливають на вартість;

- проведення регулярних аудитів витрат – залучення внутрішніх або зовнішніх аудиторів для перевірки фінансової звітності та виявлення потенційних неефективностей або порушень у процесі управління витратами.

На етапі експлуатації організаційно-економічні інструменти спрямовані на оптимізацію витрат на утримання та забезпечення ефективного функціонування об'єкта:

- створення системи обліку експлуатаційних витрат – впровадження детального обліку всіх витрат, пов'язаних з експлуатацією об'єкта (енергія, вода, обслуговування, ремонт, управління), для подальшого аналізу та оптимізації;

- запровадження програм енергоефективності та водозбереження – організація та стимулювання заходів, спрямованих на зниження споживання енергії та води, що призводить до зменшення експлуатаційних витрат;

- укладання вигідних договорів на обслуговування – проведення тендерів та укладання довгострокових договорів з надійними постачальниками послуг з обслуговування на вигідних умовах;

- проведення періодичних оцінок ефективності управління витратами – регулярний аналіз фактичних експлуатаційних витрат порівняно з бюджетними показниками та розробка заходів для їх оптимізації;

- залучення користувачів до програм заощадження ресурсів – інформування та мотивація користувачів об'єкта до свідомого споживання ресурсів (енергії, води), що може суттєво знизити експлуатаційні витрати.

На етапі ліквідації організаційно-економічні інструменти спрямовані на мінімізацію витрат на демонтаж та утилізацію:

- розробка плану демонтажу з урахуванням вартості – залучення фахівців для розробки детального плану демонтажу, що враховує економічні аспекти, включаючи вартість робіт, транспортування та утилізації відходів, а також потенційний дохід від реалізації матеріалів;

- залучення спеціалізованих організацій з демонтажу – проведення тендерів та вибір кваліфікованих підрядників з демонтажу, здатних виконати роботи ефективно та за оптимальною ціною;

- проведення тендерів для вибору виконавців робіт з демонтажу – забезпечення конкуренції серед підрядників для отримання найкращих цінових пропозицій;

- контроль витрат на демонтаж та утилізацію відходів – ретельний облік усіх витрат, пов'язаних з демонтажем, вивезенням та утилізацією будівельних відходів;

- організація процесу продажу матеріалів для вторинної переробки – забезпечення ефективного збору, сортування та продажу матеріалів, придатних для повторного використання, з метою часткової компенсації витрат на демонтаж.

Сучасний етап розвитку будівельної галузі характеризується активним впровадженням інноваційних технологій, які сприяють підвищенню ефективності управління вартістю життєвого циклу об'єктів будівництва. Використання цифрових рішень, таких як інформаційне моделювання будівель (BIM), технології автоматизації процесів, а також підходи до сталого розвитку дозволяють не лише знизити загальні витрати, але й забезпечити мінімізацією виробничого споживання ресурсів на всіх етапах життєвого циклу [91].

Інноваційні технології значно впливають на життєвий цикл об'єктів будівництва, охоплюючи всі етапи – від проєктування до демонтажу. На етапі проєктування використання сучасних програмних продуктів, таких як BIM, дозволяє створювати детальні 3D-моделі будівель, що забезпечує високу точність проєктних рішень, зменшує ймовірність помилок та дозволяє виявляти проблеми ще до початку будівництва. В процесі будівництва інноваційні технології, як-от 3D-друк будівель, новітні технології виконання робіт, серед яких із застосуванням дронів та інших способів автоматизації процесів, дозволяють зменшити час будівництва, скоротити витрати на матеріали та підвищити точність виконання робіт. Під час експлуатації будівель застосування розумних технологій, таких як IoT та автоматизовані системи, дозволяє здійснювати моніторинг стану

інженерних мереж, оптимізувати споживання енергії та забезпечувати комфортні умови для користувачів. Крім того, технології дають змогу ефективно управляти технічним обслуговуванням будівель та оперативно виявляти потребу у ремонті. В кінці життєвого циклу технології, що підтримують циркулярну економіку та екологічно чисті матеріали, роблять процес демонтажу й утилізації більш ефективним тим самим, знижуючи витрати і мінімізуючи антропологічний вплив на навколишнє середовище. Впровадження сучасних технологій в усі етапи життєвого циклу будівництва дозволяє знижувати витрати, підвищувати якість і стійкість будівель, а також зменшувати їхній негативний вплив на навколишнє середовище.

У більшості розвинених країн світу вже активно застосовуються BIM технології при проектуванні об'єктів будівництва. Наприклад, за допомогою BIM технологій зведені Шанхайська вежа, Олімпійський стадіон у Баку, сучасний стамбульський аеропорт. Водночас використання BIM технологій є обов'язковим для об'єктів держзамовлення. Українська будівельна сфера зараз має не дуже високий рівень цифровізації, а BIM технології досі спроможні застосовувати у своїй діяльності лише деякі будівельні компанії. Впровадження BIM технологій, звичайно, певним чином витрати на їх освоєння, дозволить максимально ефективно використовувати кошти під час будівництва, а отже – збільшити кількість збудованих та реконструйованих об'єктів. Також це полегшить ухвалення управлінських рішень, зробить більш прозорою реалізацію проєктів будівництва. У 2023 році багато компаній, що спеціалізуються на BIM технологіях, почали запускати продукти, щоб розширити географічну присутність та оновити BIM-застосунки. На сьогодні серед важливих учасників на ринку BIM технологій виділяються: Autodesk Inc., AVEVA Group, Bentley Systems, Hexagon AB, NEMETSCHEK, OracleCorporation, Procore Technologies, Inc., Trimble, Vectorworks, Inc. та Vizerra SA. За оцінками ООН, до 2050 року населення Землі досягне 9,8 мільярда осіб, і для того, щоб задовольнити потреби у житлі та сталому розвитку в умовах швидкого зростання населення, впровадження програмного забезпечення BIM підвищить ефективність будівельних процесів та

дасть можливість збирати важливі дані у процесі будівництва. Технології інформаційного моделювання дозволяють абсолютно по новому побачити усталені консервативні процеси всередині будівельної сфери та відкрити нові можливості для її учасників, як у напрямку підвищення якості кінцевого продукту, так і у напрямку оптимізації та реструктуризації витрат на зведення об'єктів [92].

Ідея BIM моделювання бере свій початок із 1970-х років. Словосполучення «будівельна модель» вперше згадав у 1985 році Саймон Раффл, а згодом Роберт Айш – розробник програмного забезпечення, яке використовувалося для реконструкції аеропорту Хітроу. Поняття «інформаційна модель будівлі» було вперше згадано у нинішньому значенні у статті «Modelling multiple views on buildings» Г.А. ван Недервіна та Ф.П. Толмана [93].

Сам термін BIM з'явився приблизно у 2000-х роках. З випуском основних додатків це поняття міцно закріпилося у професійній термінології. Проте на той момент BIM використовувався швидше в маркетингових цілях і за фактом не використовувалися можливості, які відкриває BIM перед компаніями. Наприкінці 2000-х - на початку 2010-х аспект використання BIM змістився на використання 3D моделювання та стадії проектування, що дозволяло отримувати користь у вигляді підвищення якості проектування та зниження комунікаційних бар'єрів. Найбільш розвинутими країнами за рівнем розвитку BIM технологій є Великобританія та США, також країни ЄС та Сінгапур. Ці країни найбільш активно розвивають застосування BIM технологій і вже досягли суттєвих успіхів як за часткою компаній, які застосовують BIM технології, так і за отримуваним ефектом від їх використання. На сьогодні BIM, як показало дослідження Plan Radar, у Європі використовується переважно як інструмент проектування. BIM вважається галузевим еталоном у проектуванні, 88% архітекторів та дизайнерів підтверджують його безперечну вигоду. BIM – це повний реінжиніринг всіх процесів будівництва з їхньою прив'язкою безпосередньо до моделі будівлі. BIM моделі можуть бути підтримані такі процеси підприємства, як:

1. Проектування будівлі.

2. Інженерний документообіг.
3. Планування графіка будівництва та проведення планово фактичного аналізу виконаних робіт.
4. Бюджетування будівництва.
5. Закупівлі та логістика матеріалів.
6. Звітність для вищого керівництва.
7. Подальша експлуатація об'єкта будівництва.

На кожному з вищевказаних етапів є економічна вигода від впровадження BIM технологій шляхом економії від:

- заздалегідь виявлених на етапі проєктування просторових дефектів, які могли б призвести до додаткових витрат на етапі будівництва;
- автоматизації процесу закупівлі та логістики матеріалів внаслідок його наближення до фактичного стану справ на будівельному майданчику;
- автоматизації процесів фінансового планування та управління грошовими потоками проєкту будівництва;
- надання прозорості звітності для керівництва компанії, на основі якої приймаються рішення;
- скорочення вартості подальшої експлуатації будівельного об'єкта. За оцінками експертів, вигода від запровадження BIM технологій може становити до 5-10% від загальних витрат на будівництво об'єкта.

За чинними оцінками ефект від застосування технології BIM моделювання в порівнянні з традиційними методами проєктування досить значний: до 40% зниження вартості у проєктній документації, від 20% до 50% скорочується час на проєктування, до 50% скорочуються терміни інвестиційної фази проєкту, до 30% скорочуються витрати на будівництво та експлуатацію. Крім того, якщо забудовник використовує BIM технологію, ставка за кредитом для нього може бути суттєво шляхом додаткового контролю проєкту. Для кредитора впровадження BIM – це зниження операційних витрат та вартості ризику.

Активну підтримку BIM моделювання отримує збоку держав. Так, більшість соціально значущих об'єктів у Великобританії, США та інших державах

проектуються і споруджуються використанням BIM технологій. Це дозволяє не тільки розвивати напрямок BIM, а й отримувати більший контроль для держави над процесом будівництва, через те, що BIM модель зберігається у хмарному просторі, у представників держави завжди є доступ до даних BIM моделі, і, як наслідок, можливість контролю ходу будівництва в режимі реального часу. Можливість такого контролю за ходом будівництва цікава також і банкам, що є ключовими кредиторами будівництва. У зв'язку з тим, що наявність BIM технологій на об'єкті забезпечує для банків велику прозорість процесу, це дає їм можливість зниження процентної ставки по кредитній лінії, що надається [94-98].

На сьогодні українська практика розвитку технологій інформаційного моделювання істотно відрізняється від кращих практик з міжнародним досвідом [99]. Подібні відмінності пов'язані як з особливостями будівельної сфери України, так і військовими діями на нашій території, а також особливостями використання BIM технологій будівельними компаніями. Поки що українським будівельним компаніям не вдається отримати порівняльний рівень оптимізації для здійснення витрат, як у закордонних компаній у Великобританії, США, ЄС чи Сінгапурі.

Для українських компаній одним з важливих чинників, що гальмують впровадження BIM технологій, є відсутність чіткого розуміння економічних вигод від впровадження цих технологій у процеси будівництва з боку вищого керівництва компаній. Витрати на початковому етапі є досить суттєвими й часто пересічним стейкхолдерам будівництва не до кінця зрозумілий економічний ефект. Натомість закордонні будівельні компанії чітко усвідомлюють фінансові вигоди від впровадження BIM та обґрунтовано заявляють про суттєве здешевлення будівництва шляхом впровадження цих технологій.

Для того, щоб зрозуміти з чим пов'язані подібні відмінності у підході до фінансового обґрунтування впровадження BIM технологій в міжнародній практиці та в Україні, необхідно глибше розглянути різницю в способах використання у цих технологій в Україні та інших країнах. Попри те, що BIM технології відкривають можливості та сприяють автоматизації, зміни в організації бізнес процесів викликають опір з боку низки представників будівельної сфери,

які підіймають питання про потребу переходу на нову технологію [100, 101]. Поки що менш як 5% українських компаній використовують BIM технології. На додаток, часто ті компанії, які використовують BIM, використовують його винятково на етапі проектування. За виконання етапу проектування 3D модель фіксується, формуються й роздруковуються стандартні креслення 2D і далі процес будівництва йде за старим сценарієм. Подібний низький рівень застосування міжнародних практик у використанні BIM технологій при будівництві може бути пов'язаний з набором наступних чинників:

1. Низька кількість складних для проектування об'єктів, що зводяться Україною [102]. Хоча основний ризик суттєвих витрат через просторові колізії виникає саме в складних для проектування об'єктах, проте керівники компаній готові йти на ризики подібних помилок при проектуванні, а тому ці ризики можна вважати невисокими.

2. Чималі витрати на впровадження: вартість проектування в BIM дорожча в середньому на 30% у порівнянні з традиційними 2D кресленнями. На додаток, для повноцінного впровадження BIM технологій на всіх етапах будівництва необхідні додаткові витрати, які можуть сягати 50 млн грн і вище, а також необхідний повний реінжиніринг та цифровізація процесів компанії із відповідними витратами.

3. Відсутність розуміння та складність підрахунку економічного ефекту на короткостроковому горизонті планування, а також несформованість чіткого уявлення про те, що являє собою BIM, і технічної оснащеності учасників проекту.

4. Неготовність осіб, які ухвалюють рішення, до здійснення додаткових вкладень за відсутності 100% гарантії, що ці витрати окупляться у межах 1-2 проектів будівництва. В країнах, де BIM технології знаходяться на найвищому рівні розвитку, також виникають складності при впровадженні та розширенні застосування BIM. Але вони дещо відрізняються від українських. Це відсутність запиту клієнта, внутрішньої експертизи та часу для впровадження, чималі витрати на технологію та низький рівень співробітництва. Проте, якісний процес,

впровадження BIM технологій у сферу будівництва в Україні буде містити та ряд економічних переваг (табл. 1.11).

Таблиця 1.11

Ключові можливості використання передових інформаційних технологій на етапах життєвого циклу будівництва

Етап життєвого циклу	Переваги і мінімізації помилок
Ідея (концепція)	Збільшення якості проєкту шляхом зменшення доробок, швидке створення візуалізацій, зменшення витрат на оплату послуг, швидке оформлення актів, ефективне проєктування, 3D- та 4D-візуалізація, зменшення часу реалізації проєкту
Проектування	Покращення процесу передачі робіт, зменшення часу, ефективний документообіг, зменшення цін і ризиків, швидке та точне бюджетування
Будівництво	Зменшення витрат на сировину, збільшення безпеки при будівництві, використання даних цифрової моделі для оптимізації будівельних процесів, автоматизація будівельних робіт, зменшення часу на виконання робіт
Експлуатація	Полегшення процесу передачі об'єкта в експлуатацію, використання автоматизованих систем для моніторингу стану будівлі, покращення управління об'єктами через цифрові технології
Ліквідація	Підвищення ефективності через використання «розумних» технологій для енергозбереження, моніторингу та обслуговування, продовження терміну служби об'єкта за рахунок прогнозування технічного стану через IoT-датчики

Джерело: складено автором на основі [108], [109].

Так, згідно з основними результатами дослідження, проведеного компанією DodgeData and Analytics, деякі із заявлених переваг використання BIM включатимуть:

- 5% зниження кінцевої вартості будівництва;
- 5% збільшення швидкості будівництва;
- 25% збільшення продуктивності;
- 25% скорочення потреби в робочій силі.

Таблиця 1.12

Програмне забезпечення для управління життєвим циклом

Етап життєвого циклу	Назва програми		Призначення	Короткий опис
Ідея (концепція)	MS Project		Управління проєктами	Програма для планування та контролю проєктів, що дозволяє ефективно керувати ресурсами та термінами виконання завдань
Проектування	ЛІРА-САПР		Розрахунок та проектування конструкцій	Комплекс для автоматизованого розрахунку міцності та стійкості будівельних конструкцій
	Мономах		Проектування багатоповерхових будівель	Програма для проектування каркасних споруд із монолітного залізобетону, включаючи створення креслень та схем
Будівництво	ППР		Розрахунок вартості будівництва	Програма для розрахунку остаточної вартості робіт та всіх витрат на будівництво
	АБК -5		Кошторисна справа	Найпопулярніша програма в Україні для складання кошторисів, визначення вартості робіт згідно з державними будівельними нормами (ДСТУ, СОУ)
Експлуатація	Advisor		Управління об'єктами нерухомості	Українська платформа для планування, відстеження та контролю завдань, що підходить для управління експлуатацією будівельних об'єктів
Реконструкція	ProStructures		Проектування та аналіз конструкцій	Програма для створення детальних 3D-моделей будівель та споруд, що використовується при реконструкції об'єктів
Ліквідація	ЛІРА-САПР		Аналіз демонтажу конструкцій	Моделювання процесів демонтажу та оцінка стійкості конструкцій при ліквідації об'єкта

Джерело: складено автором на основі огляду сучасного програмного забезпечення для будівництва та експлуатації

Ще одним прикладом повноцінної економічної вигоди з використання BIM технологій є приклад компанії Petrobras зі зведення нафтопереробного заводу в Бразилії [102].

Під час будівництва цього об'єкта були застосовані не тільки технології 3D моделювання, але й активно використовувалося моделювання 4D та формування план графіка будівництва на основі 3D моделі. Подібне застосування було виправдано, тому що при зведенні подібних об'єктів надзвичайно важливо дотримуватися послідовності етапів зведення, з урахуванням прокладки труб і підведення інженерних комунікацій. Таким чином, це дозволило уникнути можливих помилок при підключенні складних інженерних систем, їх тестування та налагодження. На додаток, за допомогою цієї технології було спроектовано та візуалізовано процес складання ключових елементів, що дозволило зменшити економічну складову та збільшити тривалість експлуатаційної стадії за рахунок скорочення стадії будівництва [103-105].

Однак оптимізація будівлі має враховувати не лише мету енергозбереження, але й вартість її життєвого циклу. Інженерія вартості (Value Engineering, VE) [106], також відома як аналіз вартості, дозволяє об'єднати функціональні вимоги (наприклад, енергозбереження) з економічною ефективністю. Інформаційне моделювання будівель (BIM) поступово розширило свої функції, доповнивши тривимірне моделювання можливістю аналізу енергоспоживання та розрахунку витрат. Завдяки цьому VE інтегрується з BIM для розробки методу оптимізації будівель, як показано на рис. 1.8.

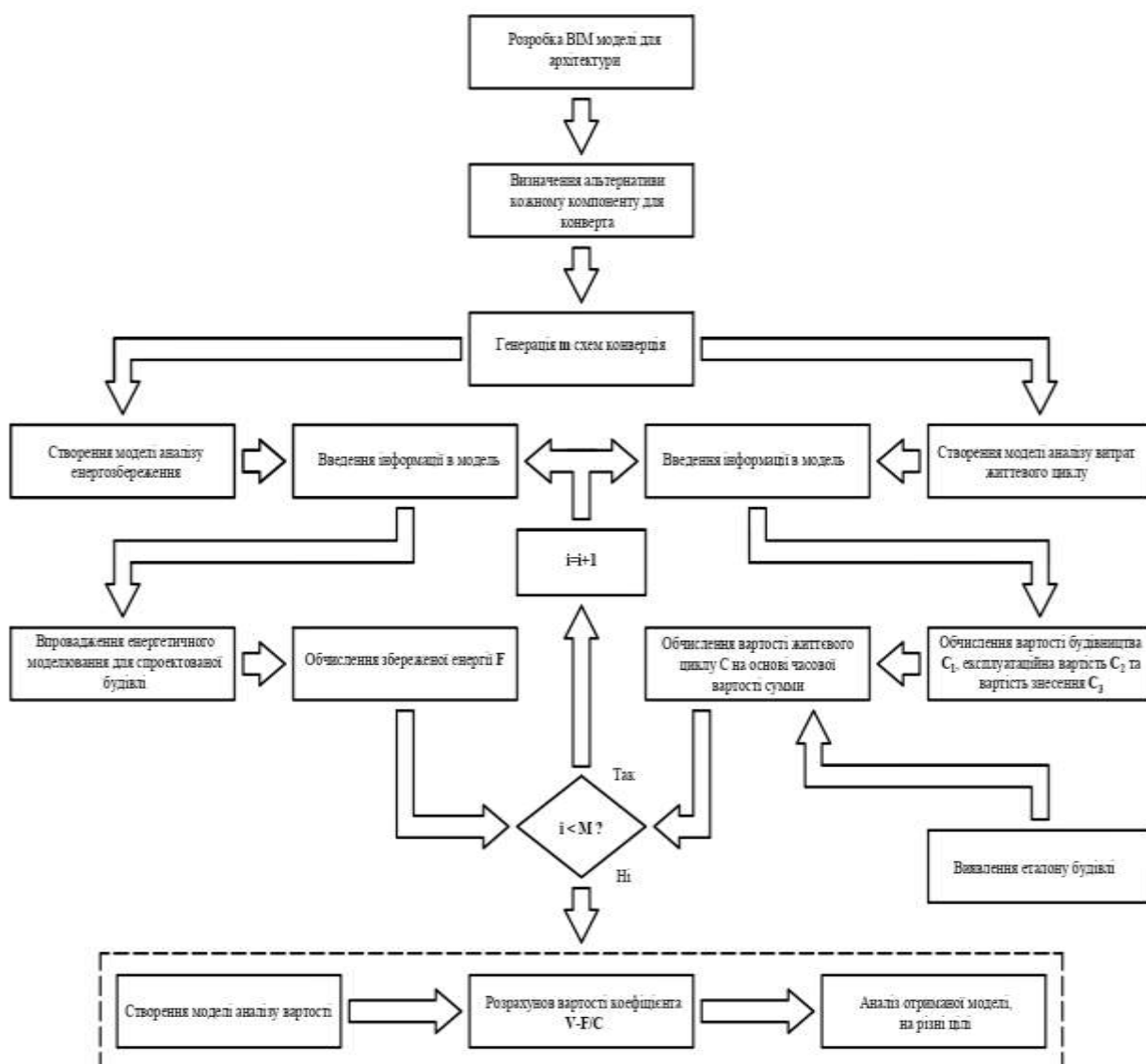


Рис. 1.8. Метод оптимізації будівель на основі інформаційного моделювання будівель (BIM-VE)

Джерело: розроблено автором на основі [106]

Цей підхід включає чотири основні моделі: *архітектурну BIM-модель, модель аналізу вартості життєвого циклу, модель енергетичного аналізу та модель аналізу вартості*. Взаємозв'язок між цими моделями забезпечує цілісність процесу. BIM-модель, що містить детальні дані про будівлю, є основою для роботи інших трьох моделей. З її допомогою розробляються варіанти будівлі, які потім оцінюються з точки зору вартості життєвого циклу та енергоефективності. Результати цих оцінок стають вхідними даними для моделі аналізу вартості. Інтеграція BIM-технологій, VE-методів та розрахункових інструментів створює

синергію, яка забезпечує значно ефективніший результат, що можна описати як « $1 + 1 > 2$ ».

З технологічної точки зору цей підхід демонструє інноваційний артефакт прикладної науки про дизайн, який використовує існуючий інструмент 5D BIM і розширює його можливості для оцінки вартості життєвого циклу (LCC). З процесної точки зору, він пропонує методологію, що додає аналіз LCCA до робочого процесу 5D BIM. Цей процес дозволяє враховувати інформацію, яка наразі знаходиться поза межами робочого процесу 5D BIM, шляхом післяпроцесної обробки BIM-даних.

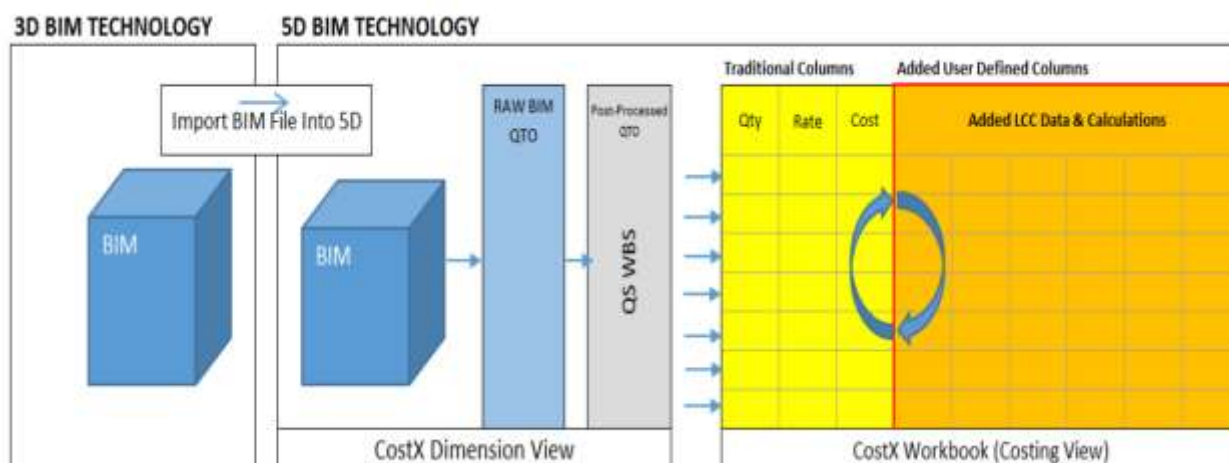


Рис. 1.9. Розширення 5D BIM для оцінки вартості життєвого циклу (LCCA) шляхом інтеграції користувацьких стовпців та післяпроцесної обробки даних [107]

Рис. 1.9 демонструє процес імпорту BIM-файлу в платформу 5D BIM, де кількісні показники витягуються з моделі кошторисником (QS) для узгодження з робочими структурами (WBS), такими як BCIS у Великобританії або National Standard Building Elements (NBSE) в Ірландії. Ці кількості зазвичай використовуються в традиційних стовпцях робочої книги (жовті стовпці) для створення оцінки капітальних витрат (CAPEX).

На рис. 1.9 також показано, що додавання користувацьких стовпців (помаранчеві стовпці) з автоматизованими розрахунками життєвого циклу (LCC)

дозволяє розширити можливості платформи 5D BIM для проведення аналізу LCCA. Циклічні символи позначають інтегровані зв'язки між кількісними показниками, планом CAPEX, відповідними стандартами та даними про витрати. Такі зв'язки підтримують післяпроцесну обробку BIM, де зміни в різних змінних плану витрат або оцінки LCC автоматично перераховуються у звітах.

Можливості BIM стають ширшими – від звичного застосування в проєктних технологіях до комплексного інструментування та джерел цінної інформації, яка може використовуватися на всіх етапах життєвого циклу об'єкта. Окрім того, досягається розширення кола застосування BIM технологій як для внутрішніх цілей бізнесу, так і при взаємодії з кінцевим споживачем. Компанії, які почали процес цифровізації раніше, перебувають у виграві: вони можуть не тільки перевести продаж та обслуговування клієнтів в режим онлайн, але і завдяки BIM технологіям мінімізувати знаходження команди проєктувальників та менеджерів на будівельному майданчику, що дає безперечні конкурентні переваги для окремої компанії. На додаток, шляхом збільшення глибини проникнення BIM технологій у внутрішні процеси компаній, очікується, істотно вищим фінансовий ефект від використання цих технологій, а це своєю чергою додатковим чинником для розвитку будівельної сфери, оскільки дозволить спростити процес фінансового обґрунтування проєктів та прискорити їх впровадження, але й створюють передмови для більш продуктивної взаємодії з кінцевим споживанням.

Сучасні підходи до управління вартістю життєвого циклу об'єктів будівництва все більше наголошують на необхідності інтеграції економічних методів аналізу з ефективними організаційними механізмами їхньої реалізації. Ізольоване застосування окремих економічних або організаційних інструментів часто не забезпечує належного рівня контролю та оптимізації витрат. Саме тому розробка та впровадження інтегрованих інструментів, що поєднують ці два ключові аспекти, стає важливим напрямом у підвищенні ефективності управління вартістю будівельних проєктів [108].

Інтегровані інструменти управління вартістю життєвого циклу об'єктів будівництва являють собою комплексні підходи та методики, що одночасно

враховують економічні розрахунки, аналіз витрат та вигод з організаційними структурами, процесами, ролями та відповідальностями, необхідними для їхньої ефективної реалізації. Ключовим принципом інтеграції є створення синергетичного ефекту, коли поєднане застосування економічних та організаційних інструментів забезпечує більший позитивний вплив на управління вартістю, ніж їхнє окреме використання [109].

Інтеграція передбачає:

- *Взаємопов'язане використання інформації.* Економічні аналізи (наприклад, LCC, LCCA, CBA) формують інформаційну основу для прийняття організаційних рішень щодо розподілу ресурсів, структури управління та процесів контролю. Організаційні системи, у свою чергу, забезпечують збір, обробку та передачу даних, необхідних для проведення економічних розрахунків.

- *Спільну участь та відповідальність.* Інтегровані підходи заохочують спільну участь економістів, інженерів, менеджерів проєктів та інших фахівців у процесах управління вартістю, розподіляючи відповідальність за досягнення економічних цілей на різних організаційних рівнях.

- *Проактивний підхід.* Інтеграція спрямована на раннє виявлення потенційних проблем з вартістю та впровадження проактивних організаційних заходів для їхнього запобігання або мінімізації.

- *Постійний моніторинг та контроль.* Інтегровані системи передбачають безперервний моніторинг як економічних показників (бюджет, фактичні витрати), так і організаційних процесів (виконання робіт, управління змінами) для своєчасного виявлення відхилень та вжиття коригувальних дій.

Приклади інтегрованих інструментів управління вартістю життєвого циклу об'єктів будівництва наведено в табл. 1.13.

Приклади інтегрованих інструментів управління вартістю життєвого циклу об'єктів будівництва

Етап життєвого циклу	Інтегрований інструмент управління вартістю
На етапі ідеї та проєктування	Вартісно-орієнтоване проєктування (Value-Based Design): Поеднує економічний аналіз (оцінка вартості функціональних елементів) з організаційними процесами залучення всіх стейкхолдерів до прийняття рішень щодо проєктування, спрямованих на максимізацію цінності для замовника в межах бюджетних обмежень. Організаційні наради, мозкові штурми та спільний аналіз функціональності та вартості є ключовими елементами цього підходу. Інтегроване інформаційне моделювання будівель (BIM) з функціями управління вартістю: BIM не лише забезпечує візуалізацію проєкту та обмін інформацією, але й інтегрує дані про вартість елементів, дозволяючи автоматизовано відстежувати кошторис, аналізувати вплив проєктних змін на бюджет та здійснювати порівняльний аналіз різних варіантів з точки зору вартості та технічних характеристик. Організаційні протоколи обміну даними та управління інформацією в BIM є критично важливими для ефективного використання його економічного потенціалу.
На етапі будівництва	Системи контролю виконання робіт та вартості, інтегровані з PMIS: Поеднують економічний облік фактичних витрат з організаційним відстеженням прогресу виконання будівельних робіт. PMIS забезпечують централізовану платформу для моніторингу бюджету, графіка виконання та ресурсів, дозволяючи оперативно виявляти відхилення та приймати обґрунтовані управлінські рішення. Організаційні процедури звітності та контролю є ключовими для ефективного функціонування таких систем. Управління змінами з оцінкою впливу на вартість: Формалізований організаційний процес розгляду та затвердження змін до проєкту обов'язково включає економічну оцінку їхнього впливу на бюджет та графік.
На етапі експлуатації	Системи управління активами з функціями обліку витрат життєвого циклу: Поеднують організаційний облік стану та характеристик будівельних активів з економічним аналізом витрат на їхнє утримання, ремонт та заміну протягом усього терміну служби. Це дозволяє приймати обґрунтовані рішення щодо інвестицій в обслуговування та модернізацію для оптимізації вартості життєвого циклу об'єкта будівництва. Програми енергоменеджменту з економічним стимулюванням: Організаційні заходи щодо впровадження енергозберігаючих технологій та зміни поведінки користувачів супроводжуються економічними стимулами (наприклад, зниження комунальних платежів), що підвищує їхню ефективність та сприяє зниженню експлуатаційних витрат.
На етапі ліквідації	Планування демонтажу з економічним аналізом варіантів утилізації: Організаційний процес розробки плану демонтажу включає економічну оцінку різних сценаріїв утилізації відходів, включаючи витрати на демонтаж, транспортування, переробку та потенційний дохід від реалізації вторинних матеріалів.

Джерело: складено автором на основі [108], [109]

Інтегроване застосування економічних та організаційних інструментів управління вартістю життєвого циклу об'єкта будівництва забезпечує ряд значних переваг:

- підвищення точності прогнозування вартості. Врахування організаційних факторів (ефективність комунікації, своєчасність прийняття рішень) у економічних моделях підвищує точність прогнозування витрат;
- покращення контролю за витратами. Чіткі організаційні структури та процеси забезпечують ефективний моніторинг та контроль фактичних витрат на всіх етапах життєвого циклу об'єкта будівництва;
- прийняття більш обґрунтованих рішень. Інтеграція економічного аналізу з організаційними можливостями та обмеженнями дозволяє приймати більш зважені та обґрунтовані управлінські рішення;
- оптимізація використання ресурсів. Ефективні організаційні процеси сприяють оптимальному розподілу та використанню людських, матеріальних та фінансових ресурсів;
- зниження ризиків перевищення бюджету та термінів. Проактивне виявлення проблем та своєчасне впровадження коригувальних організаційних заходів дозволяє мінімізувати ризики, що впливають на вартість та графік проєкту.
- підвищення загальної економічної ефективності проєктів. Синергія економічних та організаційних інструментів сприяє досягненню оптимального співвідношення між вартістю, якістю та часом реалізації будівельних об'єктів.

Висновки до розділу 1.

1. Життєвий цикл об'єкта будівництва є комплексною та динамічною системою, що охоплює послідовність взаємопов'язаних етапів, кожен з яких характеризується специфічними завданнями, витратами та можливостями впливу на загальну вартість. Різноманітність визначень життєвого циклу об'єкта будівництва у літературі та законодавстві підкреслює його багатогранність та

необхідність врахування різних аспектів (технічних, економічних, екологічних, соціальних) при управлінні вартістю на кожному етапі – від ініціації до ліквідації.

2. Ефективне управління вартістю життєвого циклу об'єкта будівництва вимагає застосування різноманітного спектру економічних інструментів, адаптованих до специфіки кожного етапу. Від аналізу життєвого циклу та "витрати-вигоди" на ранніх стадіях до бюджетування, контролю витрат та управління ризиками на етапі будівництва, а також оптимізації експлуатаційних витрат та оцінки вартості при ліквідації – вибір та застосування відповідних економічних інструментів є критично важливим для досягнення економічної ефективності проекту протягом усього його існування.

3. Організаційні інструменти відіграють ключову роль у створенні сприятливого середовища для успішного управління вартістю життєвого циклу об'єкта будівництва, забезпечуючи чітку структуру відповідальності, ефективну комунікацію та координацію між усіма учасниками проекту. Впровадження структур управління вартістю, використання інформаційних систем управління проектами, залучення кваліфікованих фахівців та налагодження процесів контролю змін є організаційними передумовами для результативного застосування економічних інструментів та досягнення цілей управління вартістю.

4. Існує тісний взаємозв'язок та взаємодоповнюваність між економічними та організаційними інструментами управління вартістю життєвого циклу об'єкта будівництва. Організаційна структура та процеси забезпечують основу для ефективного застосування економічних методів аналізу, планування та контролю витрат. У свою чергу, результати економічних оцінок та аналізів є важливим інформаційним підґрунтям для прийняття обґрунтованих організаційних рішень щодо розподілу ресурсів, відповідальності та оптимізації процесів управління вартістю.

5. Інтегрований підхід до застосування організаційно-економічного інструментарію є визначальним фактором успішного управління вартістю життєвого циклу об'єкта будівництва. Синергія між ефективними організаційними структурами, налагодженими комунікаційними каналами та

застосуванням відповідних економічних методів на кожному етапі життєвого циклу дозволяє досягти оптимального співвідношення між вартістю, якістю та часом реалізації будівельних проєктів, забезпечуючи їхню довгострокову економічну життєздатність та сталий розвиток.

Основні результати дослідження, викладені в розділі 1 представлено в публікаціях автора [73, 143-144, 148-152].

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ПРОБЛЕМ УПРАВЛІННЯ ВАРТІСТЮ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ БУДІВЕЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ

2.1. Концептуальні основи та методи визначення вартості життєвого циклу об'єкта будівництва

Збройна агресія проти України докорінно змінила підходи до будівництва та експлуатації будівельних об'єктів. Необхідність захисту населення призвела до перегляду всіх етапів життєвого циклу об'єкта – від проектування до демонтажу.

На етапі проектування будівлі тепер обов'язково враховують облаштування захисних споруд, таких як бомбосховища, підземні паркінги, що виконують функцію укриття, та спеціальні укріплені приміщення. Використання вибухостійких матеріалів і посилених конструкцій стало нормою, а також активно впроваджуються автономні системи життєзабезпечення, включаючи резервне енергопостачання та незалежні системи водопостачання. Водночас проектні роботи потребують додаткових досліджень безпеки та аналізу загроз, що збільшує витрати та подовжує терміни погодження документації через нові нормативні вимоги.

На етапі будівництва використовуються новітні технології зміцнення будівель, серед яких залізобетонні модулі, броньовані вікна, ударостійкі фасади та герметизація приміщень. Додаткові витрати виникають через необхідність спеціальних інженерних рішень, таких як вентиляційні системи з фільтрацією повітря. Війна також впливає на логістику постачання будівельних матеріалів, особливо в регіонах, де ведуться бойові дії. У зв'язку з цим активно розвивається технологія мобільних укриттів і модульних захисних споруд, які можна швидко монтувати у місцях масового скупчення людей.

Під час експлуатації будівлі виникає необхідність регулярних перевірок та обслуговування укриттів. Оновлюється інфраструктура безпеки, включаючи системи відеоспостереження, оповіщення та аварійного освітлення. Багато

підземних просторів починають використовувати не лише як тимчасові укриття, а як елемент повсякденного життя, зокрема для облаштування офісів, навчальних класів та коворкінгів. Окрім цього, будівлі повинні постійно оновлювати заходи безпеки відповідно до змін військових загроз, що потребує додаткових інвестицій.

Етап модернізації та реконструкції передбачає адаптацію старих будівель під сучасні укриття. Важливими заходами є посилення конструкцій, що підвищує стійкість будівель до вибухових хвиль, а також модернізація інженерних систем, що забезпечують автономне функціонування в умовах надзвичайних ситуацій. Використання енергоефективних і міцних матеріалів не лише підвищує рівень безпеки, а й дозволяє зменшити енергоспоживання, що критично важливо в умовах нестабільного електропостачання.

Демонтаж пошкоджених або застарілих будівель ускладнюється ризиком обвалів і потребує особливих методів, що враховують військові загрози. Відновлення міської забудови включає не лише розчищення завалів, а й повторне використання матеріалів для швидкої реконструкції інфраструктури. Важливим аспектом є створення програм швидкого відновлення житлових і соціальних об'єктів, що забезпечать оперативне будівництво нових безпечних будівель на місці зруйнованих.

Війна в Україні зробила безпеку ключовим критерієм при проєктуванні та експлуатації будівельних об'єктів. На кожному етапі життєвого циклу будівлі відбулися серйозні зміни: нові вимоги до проєктування, ускладнення будівництва, підвищення витрат на експлуатацію та необхідність швидкої модернізації. Адаптація міст до нових умов передбачає не лише будівництво сучасних захисних споруд, а й інтеграцію безпечних рішень у повсякденне життя. Це означає, що укриття стають не тимчасовим заходом, а довготривалим елементом міської інфраструктури.

Відбудова зруйнованих міст має базуватися на принципах підвищеної стійкості та автономності. Використання сучасних технологій дозволить створювати більш безпечні та комфортні умови для мешканців, навіть у складних обставинах. Війна змінила саме розуміння архітектури та містобудування –

головний фокус змістився від естетики та економічної ефективності до захисту людей і стійкості інфраструктури. Це означає, що майбутнє будівництво в Україні буде орієнтоване на довговічність, автономність та максимальний рівень безпеки.

Таблиця 2.1

Вплив необхідності улаштування укриття на життєвий цикл об'єкта будівництва

Етап життєвого циклу	Вплив необхідності укриття
Проектування	- Проектна документація обов'язково включає розділ «Інженерно-технічні заходи цивільного захисту (ІТЗ ЦЗ)»
	- Передбачаються захисні споруди або споруди подвійного призначення (якщо це клас наслідків СС2, СС3 або об'єкт із переліку КМУ)
	- Збільшуються терміни погодження проекту через необхідність узгодження з відповідними органами цивільного захисту
Будівництво	- Збільшується вартість будівництва через використання спеціальних матеріалів (залізобетонні конструкції підвищеної міцності, герметизація тощо)
	- Ускладнюється будівельний процес через потребу в додаткових інженерних системах (вентиляція, аварійне електропостачання)
	- Може знадобитися облаштування окремого входу до укриття
Експлуатація	- Власник об'єкта несе відповідальність за належний стан укриттів, що потребує додаткових витрат
	- Регулярне технічне обслуговування систем життєзабезпечення укриттів (перевірка вентиляції, освітлення, герметизації тощо)
	- У разі надзвичайних ситуацій необхідно забезпечити доступ до укриттів для визначених категорій осіб
Модернізація та реконструкція	- При зміні функціонального призначення будівлі можливі додаткові вимоги щодо посилення конструкцій
	- Можлива необхідність розширення укриттів або модернізації інженерних систем
Демонтаж	- Вимагає погодження з органами цивільного захисту.
	- Необхідність утилізації спеціальних матеріалів (наприклад, залізобетонних конструкцій високої міцності)

Джерело: складено автором на основі [110-111]

Оцінювання вартості життєвого циклу (LCC) об'єктів будівництва є ключовим інструментом для ухвалення економічно обґрунтованих рішень на всіх етапах їхнього існування. Ця методика дозволяє розраховувати повну вартість володіння та експлуатації будівельних об'єктів, що сприяє ефективному управлінню активами та зниженню витрат у довгостроковій перспективі

Таблиця 2.2

Призначення та оцінювання вартості життєвого циклу об'єктів будівництва

Призначення економічно-організаційного інструментарію	Економічно-організаційний інструментарій встановлює порядок оцінювання вартості життєвого циклу будівельних об'єктів для ухвалення рішень у процесі проектування, державних закупівель та інших розрахунків
Сфери застосування	Використовується на всіх етапах проектування, включаючи BIM-технології, для розрахунку LCC будинків, будівель, інженерних та транспортних об'єктів, як нових, так і існуючих. Також може застосовуватись у сфері управління нерухомістю
Типові завдання	Економічно-організаційний інструментарій дозволяє порівнювати інвестиційні сценарії, обирати між альтернативними проектами та конструктивними рішеннями, аналізувати ефективність попередніх рішень та прогнозувати майбутні витрати
Мета оцінювання LCC	Визначення експлуатаційних вимог, строків служби, пріоритетів замовника, оптимізація проектних рішень, вибір способу придбання (будівництво, купівля, оренда), оцінка факторів, що впливають на вартість володіння
Передпроектна стадія	Виконується стратегічний аналіз для визначення вимог до об'єкта, довговічності, економічної ефективності, концептуальних рішень, вибору способу придбання
Проектування	Оцінюються конструктивні елементи для об'ємно-планувальних рішень, інженерних мереж, основних конструкцій, технічного обладнання
Будівництво	Виконується деталізований аналіз елементів (оздоблення, матеріали, технології монтажу) для вибору оптимальних рішень
Охоплення оцінки	Включає всі основні елементи будівлі: несучі та огорожувальні конструкції, інженерні системи, внутрішні елементи у всіх можливих варіантах
Деталізація розрахунків	Відповідає рівню деталізації проекту. Для дисконтування витрат може застосовуватись облікова ставка Національного банку України

Джерело: складено автором на основі [112]

Розроблений організаційно-економічний інструментарій встановлює порядок визначення та оцінювання вартості життєвого циклу об'єктів будівництва, що використовується для прийняття рішень і виконання розрахунків під час проєктування, а також при здійсненні державних закупівель. Він може застосовуватися на всіх стадіях проєктування, включаючи використання BIM-технологій, для розрахунку вартості життєвого циклу (LCC) будівель, споруд, їх частин, лінійних інженерно-транспортних об'єктів та нерухомості, як новозведених, так і вже існуючих [113]. Також розроблений організаційно-економічний інструментарій знаходить застосування в управлінні активами та об'єктами нерухомості в інших секторах економіки.

Основними завданнями, які можуть бути вирішені за допомогою оцінювання вартості життєвого циклу, є порівняння інвестиційних сценаріїв на етапі планування, вибір між альтернативними проєктами чи конструктивними рішеннями, аналіз ефективності попередніх рішень, оцінка майбутніх витрат для бюджетування та визначення доцільності інвестицій. Розроблений організаційно-економічний інструментарій допомагає встановити функціональні та експлуатаційні вимоги до нерухомості, обґрунтувати строк її використання, оптимізувати проєктні рішення, оцінити спосіб придбання у власність (будівництво, купівля чи оренда), а також визначити чинники, що впливають на загальну вартість володіння об'єктом.

На передпроектній стадії аналіз проводиться для стратегічних інвестиційних рішень щодо функціональних вимог до об'єкта, його довговічності, норми прибутку, строку окупності та вибору способу набуття власності. Під час проєктування оцінка вартості життєвого циклу застосовується для прийняття об'ємно-планувальних рішень, визначення інженерних мереж, вибору конструктивних елементів і технологічного обладнання. На стадіях завершення проєктування та будівництва він допомагає обрати тип оздоблення, матеріали, технології монтажу та перелік інженерного обладнання.

Розрахунок вартості життєвого циклу будівельних об'єктів має охоплювати всі основні елементи (несучі та огорожувальні конструкції, інженерні системи,

внутрішні конструкції) з урахуванням альтернативних варіантів. Рівень деталізації оцінки відповідає рівню опрацьованості проєкту, а для дисконтування витрат може застосовуватися поточна облікова ставка Національного банку України.

Визначення вартості життєвого циклу об'єкта будівництва є ключовим аспектом управління інвестиційно-будівельними проєктами, оскільки дозволяє оцінити не лише початкові витрати на спорудження, а й усі супутні витрати протягом усього періоду існування об'єкта – від задуму до його демонтажу. Такий підхід базується на концепції повного життєвого циклу (LCC), яка походить з практики стратегічного управління активами, активно застосовується у будівництві в країнах ЄС, США, Ізраїлі, Японії та поступово впроваджується в Україні.

Концептуальні основи визначення вартості життєвого циклу передбачають урахування всіх витрат, пов'язаних з об'єктом на різних етапах його існування. Ці витрати класифікуються на капітальні витрати (на придбання або будівництво), операційні витрати (на експлуатацію, енергію, ремонт, утримання), а також витрати на утилізацію (демонтаж, рекультивація тощо). Таким чином, вартість життєвого циклу дозволяє замовнику чи інвестору не лише оцінити початкову вартість об'єкта, але й зробити економічно обґрунтований вибір між альтернативними варіантами, враховуючи довгострокові фінансові наслідки.

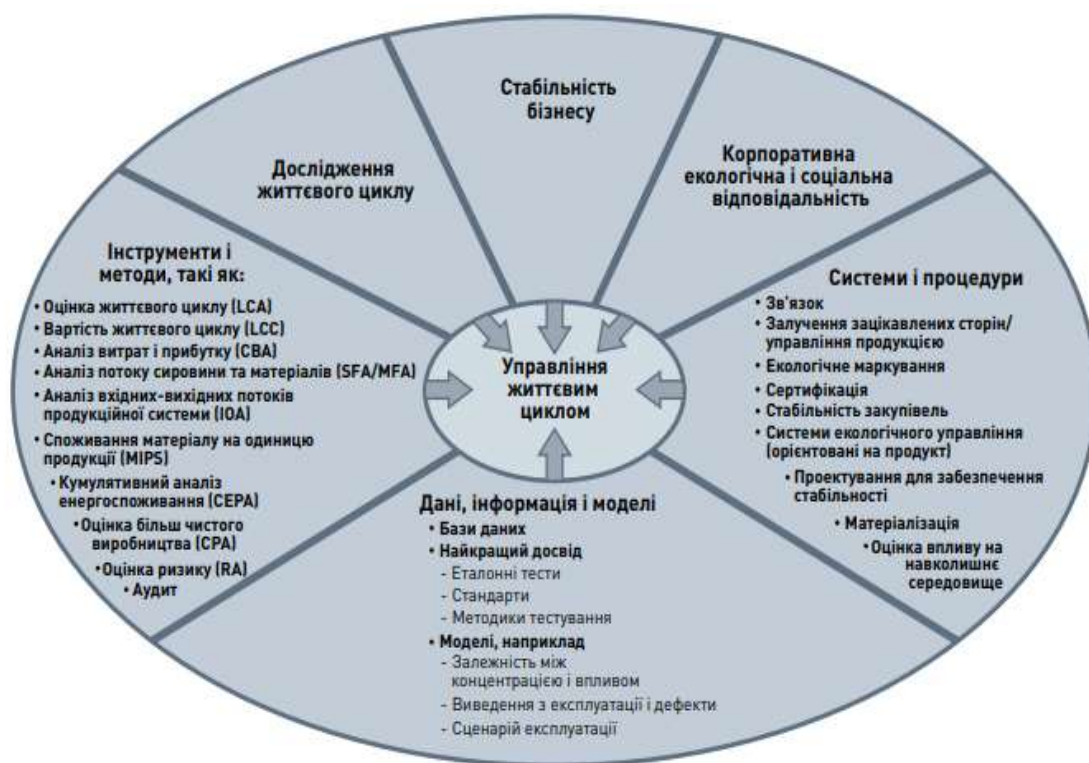


Рис. 2.1. Структура управління життєвим циклом [75]

Схема ілюструє концепцію управління життєвим циклом, яка лежить в основі стабільного розвитку бізнесу (рис. 2.1). У центрі розташоване поняття «Управління життєвим циклом», яке охоплює комплекс методів, систем, даних та стратегій, спрямованих на зниження негативного впливу на навколишнє середовище, підвищення ефективності виробництва та забезпечення корпоративної відповідальності.

Одним з ключових напрямів є дослідження життєвого циклу, що передбачає застосування таких інструментів і методів, як оцінка життєвого циклу (LCA), вартість життєвого циклу (LCC), аналіз витрат і прибутку (CBA), аналіз потоку сировини та матеріалів (SFA/MFA), аналіз вхідних-вихідних потоків продукційної системи (IOA), оцінка споживання матеріалу на одиницю продукції (MIPS), кумулятивний аналіз енергоспоживання (CEPA), оцінка більш чистого виробництва (CPA), оцінка ризику (RA) та аудит.

Наступний важливий елемент – це дані, інформація та моделі. До них належать бази даних, найкращий досвід (еталонні тести, стандарти, методики

тестування), а також моделі, які дозволяють враховувати залежність між концентрацією та впливом, виведення з експлуатації й дефекти, сценарії експлуатації. Вони забезпечують аналітичну основу для прийняття рішень у рамках життєвого циклу продукту.

Також вагому роль відіграють системи і процедури, що включають зв'язок із зацікавленими сторонами, управління продукцією, екологічне маркування, сертифікацію, забезпечення стабільності закупівель, системи екологічного управління (орієнтовані на продукт), проектування для забезпечення стабільності, матеріалізацію та оцінку впливу на навколишнє середовище.

Управління життєвим циклом тісно пов'язане з корпоративною екологічною та соціальною відповідальністю, адже передбачає врахування не лише економічних, а й соціальних та екологічних наслідків діяльності підприємства.

Кінцева мета всіх цих зусиль – стабільність бізнесу, яка досягається завдяки комплексному підходу до ресурсного використання, екологічного впливу, відповідального управління продуктом і забезпечення якості на всіх етапах його існування.

Аналіз LCC охоплює певний визначений перелік витрат упродовж фізичного існування, використання технічного ресурсу, економічно ефективного або функціонально працездатного строку експлуатації побудованого активу/об'єкта нерухомості протягом чіткого обґрунтованого періоду, визначеного у межах життєвого циклу періоду аналізування. На вартість життєвого циклу впливають витрати, не пов'язані з будівництвом, зокрема різні витрати на експлуатацію будівель, а також чинні регіональні, національні чи міжнародні правила, пільги, податки тощо. В аналізі LCC може бути передбачено внесення змін, наприклад, пов'язаних із рівнем інтенсивності користування будівлею у майбутньому чи змінах законодавчих або нормативних вимог щодо параметрів. Оцінювання LCC також може бути частиною стратегічного огляду структури ринкових зв'язків та/або цілей закупівель (наприклад, для забезпечення сталості чи поліпшення функціональності будівель).

Вимоги користувачів щодо практичного виконання оцінювання можуть

відрізнятися залежно від того, чи має бути враховано лише сплачувану замовником (зазвичай, замовником будівництва) вартість чи усі витрати замовника, або ж повну суму здійснення видатків для суспільства тощо. На окремій стадії життєвого циклу замовник і користувач будівництва є різними в масштабах користувачів об'єкта особами (наприклад, у секторі комунального господарства), буває потрібно врахувати зазначені зовнішні витрати.

До сфери витрат, які охоплюють аналізуванням можуть включатись нематеріальні активи та зовнішні ефекти [114]. Першим поняттям представлено в грошовому вираженні основну частину тих витрат, які мають певний (часто непрямий) економічний вплив на організацію замовника. Складові витрати, зазначений у другому понятті, є зовнішнім по відношенню до організації замовника. Потрібно, щоб у будь-якому аналізі ці обидва поняття було чітко визначено.

На рис. 2.2 наведено графічне зображення витрат, які має бути охоплено оцінюванням вартості життєвого циклу, а також ширший діапазон витрат і доходів, які має бути розглянуто як вартість повного життєвого циклу.

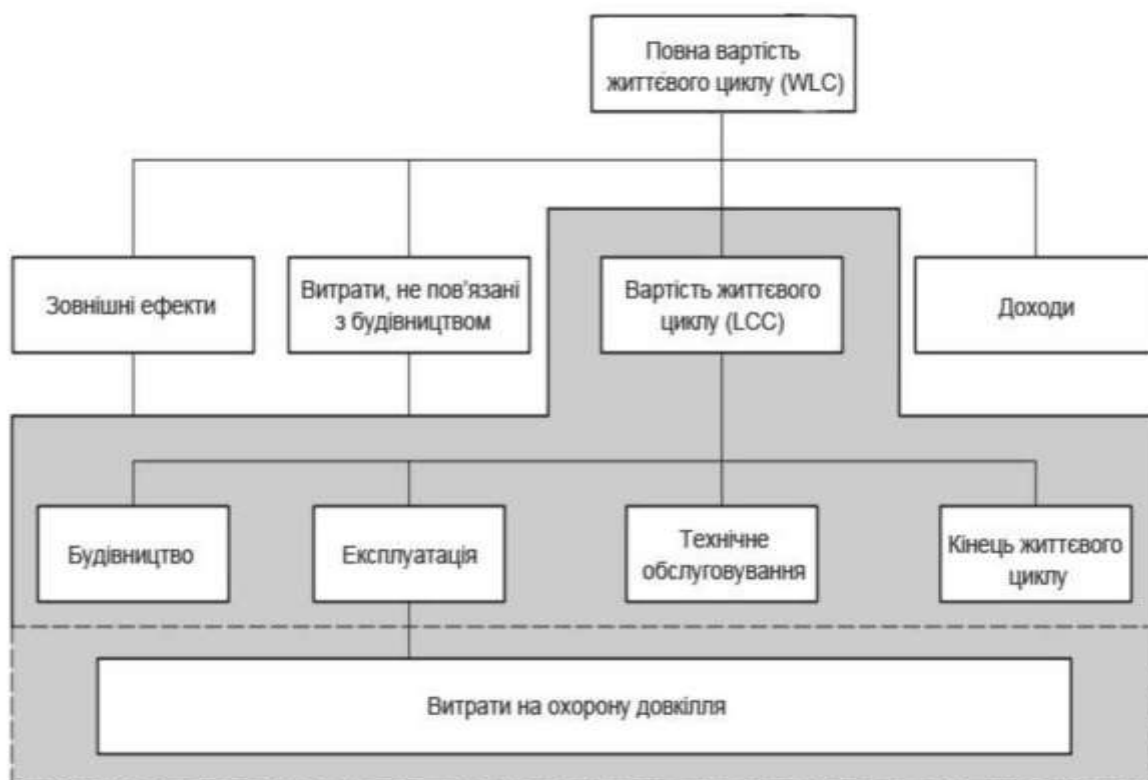


Рис. 2.2. Елементи аналізу WLC та LCC [115]

Аналізуванням LCC має бути охоплено всі основні елементи, наприклад, несучі конструкції, огорожувальні конструкції, інженерні системи будівлі, матеріали оздоблення, засоби кріплення та арматуру, а також всі оцінені витрати, пов'язані з альтернативними варіантами.

Грошові потоки, пов'язані з екологічними витратами у складі вартості життєвого циклу, можуть бути негативними (наприклад, податки) або позитивними (наприклад, доходи від виробництва відновлюваної енергії). Оскільки вартість життєвого циклу зазвичай стосується позитивної вартості, важливо переконатися, що її правильно відображено. Пов'язані з проектом витрати до початку розроблення проекту будівництва (наприклад, складання техніко-економічного обґрунтування) є частиною аналізу WLC, а не LCC [116].

На рис. 2.3 наведено структурну схему загальної класифікації витрат, яку може бути застосовано до визначення конкретного обсягу аналізування та забезпечення основи для порівняльного аналізування за врахування місцевих правил. При цьому, враховувати кожен елемент, зображений на рисунку, не обов'язково, а деякі проекти можуть потребувати аналізу додаткових витрат. Для розроблення кошторисів вартості робіт мають використовуватись відповідні вітчизняні нормативні документи щодо правил розрахунку та структури, які можуть ставитись у відповідність до наведеної структури витрат.

Витрати, зазвичай, розміщують у структурі за категоріями, причому потрібно зазначати навіть незначні відхилення, що можуть бути пов'язані з обмеженнями, установленними відповідними нормативними документами. Якщо розподілити витрати по групах неможливо, різні групи для аналізування може бути об'єднано.

Прибирання/чищення може бути віднесено до категорії «Технічне обслуговування» (як на рис. 2.5) або до категорії «Експлуатація», в цьому разі це має бути чітко зазначено.

Витрати на земельну ділянку в межах витрат, не пов'язаних із будівництвом, можуть охоплювати початкові витрати, наприклад, пов'язані з застосуванням технологій меліорації або забезпечення інфраструктури, призначеної для забудови

ділянки. Ці витрати призначені для виконання підготовчих робіт, і, хоча вони можуть призвести до витрат замовника і бути долученими до аналізування LCC, їх зрідка враховують в аналізі пов'язаних із будівництвом витрат, оскільки вони, зазвичай, виникають до початку основних будівельних робіт і можуть призводити до витрат різних землевласників.

Крім того, вони можуть стати безповоротними витратами до моменту введення до аналізу LCC. Якщо замовник наполягає на врахуванні в аналізі витрат, пов'язаних із підготовчими роботами, це має бути зазначено у звітній документації.

Аналіз LCC має містити розділ, в якому чітко зазначено обсяги робіт та їх відповідність до установлених граничних умов (стосовно конструкцій та/або побудованого об'єкта нерухомості), а також будь-які складники вартості життєвого циклу, які було виключено з розрахунку.

Етап завершення строку експлуатації побудованого об'єкта нерухомості може бути охоплено чи не охоплено аналізуванням «витрат завершення строку експлуатації» життєвого циклу будівлі.

Аналізування LCC може бути застосовано, зазвичай, до таких чотирьох ключових етапів життєвого циклу будь-якого об'єкта нерухомості:

а) інвестування та планування проєкту, стратегічне аналізування вартості повного життєвого циклу/оцінювання витрат упродовж життєвого циклу, підготовчі роботи до початку будівництва;

б) проєктування та будівництво, оцінювання вартості життєвого циклу на етапі будівництва, на рівнях об'ємно-планувальному, функціональному, конструкційному та деталювання компонентів;

с) етап експлуатації/користування, вартість життєвого циклу під час користування (витрати на використання), утримання та технічне обслуговування об'єкта нерухомості;

д) вибуття/утилізація, оцінювання вартості життєвого циклу наприкінці строку експлуатації чи змінення статусу.

Повна вартість життєвого циклу (WLC)		Приклади витрат	
Витрати, не пов'язані з будівництвом		Так / Ні	
Земляні та допоміжні роботи	☐	Витрати на підготування ділянки (земельної ділянки та будь-якої зведеної будівлі)	
Витрати на фінансування	☐	Виплата відсотків або вартості грошей та масштабні економічні впливи	
Витрати на технічний супровід користувачів (1), стратегічне управління майном	☐	Охоплює внутрішні ресурси та управління об'єктами нерухомості, майном, загальними процесами нагляду, придбання, вибуття та ліквідації активу	
Витрати на технічний супровід користувачів (2), плата за користування	☐	Одиничні збори, плата за паркування, за супутнє устаткування	
Витрати на технічний супровід користувачів (3), адміністрування	☐	Приймальня, довідкова служба, комутатор, пошта, IT-послуги, бібліотека, проживання та харчування, торговельні послуги, устаткування, меблювання, озеленення інтер'єру (рослини), канцтовари, вивезення сміття, перевезення майна, служба охорони, ІКТ, внутрішні переміщення	
Податки	☐	Податки на об'єкти небудівельного призначення	
Інші витрати	☐		
Доходи			
Доходи від продажів	☐	Залишкова вартість за умов вибуття частки земельної ділянки, побудованих об'єктів нерухомості чи утилізованих матеріалів, включно з дотаціями тощо	
Доходи третіх осіб під час експлуатації	☐	Орендна плата і витрати на обслуговування	
Податки на прибуток	☐	За земельними операціями	
Порушення	☐	Час простою, втрата доходу	
Інші доходи	☐		
Зовнішні ефекти			
Вартість життєвого циклу (LLC)			
Будівництво		Так / Ні	
Оплата професійних послуг	☐	Проектування та розрахунки, обов'язкові погодження	
Тимчасові споруди	☐	Прибирання та очищення будівельного майданчика тощо	
Будування об'єкта нерухомості (активу)	☐	Включно з інфраструктурою, устаткуванням, прийманням, введенням в експлуатацію, оцінюванням і передаванням у власність	
Початкове переобладнання чи реконструкція об'єкта нерухомості (активу)	☐	Включно з інфраструктурою, устаткуванням, прийманням, введенням в експлуатацію, оцінюванням і передаванням	
Податки	☐	Податки на будівельні товари та послуги (наприклад, ПДВ)	
Інші витрати	☐	Непередбачені витрати, пов'язані з проектом	
Експлуатація			
Оренда	☐		
Страхування	☐	Власник будівлі та / або мешканці	
Періодичні витрати, установлені законодавчо-нормативними вимогами	☐	Інспектування на відповідність вимогам пожежної безпеки	
Інженерні мережі будівлі	☐	Включно з витратами на енергоносії, опалення, кондиціонування, водопостачання, електроенергія, освітлення, водовідведення	
Податки	☐	Тарифи, місцеві збори, екологічні податки	
Інші витрати	☐	Урахування майбутньої відповідності зміненим нормативним вимогам	
Технічне обслуговування			
Управління технічним обслуговуванням	☐	Періодичні перевірки, проектування споруд, ведення договорів на планове обслуговування	
Переобладнання чи реконструкція активу, що перебуває у користуванні	☐	Включно з інфраструктурою, пуско-налагоджувальними роботами, оцінюванням і передаванням	
Ремонт і заміна дрібних деталей чи невеликих ділянок	☐	Визначають за вартістю, розміром площі, умовами договору	
Заміна основних систем та компонентів	☐	Включно з відповідним проектуванням та управлінням проектом	
Прибирання/чищення	☐	Включаючи регулярне прибирання та періодичне спеціальне чищення	
Технічне обслуговування території	☐	У межах визначеної площі ділянки	
Ремонт інтер'єрів будівлі	☐	Включно з регулярним, періодичним та спеціальним ремонтом інтер'єрів	
Податки	☐	Податки на товари та послуги з технічного обслуговування	
Інші витрати	☐		
Кінець життєвого циклу			
Інспектування з утилізації	☐	Перевіряння стану наприкінці строку експлуатації	
Вибуття та ліквідація	☐	Включно з виведенням з експлуатації, утилізацією матеріалів та прибиранням майданчика	
Відновлення згідно з договором	☐	Для закінчення строку оренди за умови відповідності критеріям	
Податки	☐	Податки на товари та послуги	
Інші витрати	☐		

Рис. 2.3. Типовий обсяг витрат (для вибору елементів аналізування LCC)

Джерело: складено автором на основі [117]

На рис. 2.4 наведено типовий приклад застосування аналізу LCC на окремих етапах повного життєвого циклу та елементи витрат, які має бути враховано на кожному етапі.

Обсяг аналізування LCC та передбачуване використання результатів має бути визначено до початку аналізування. Пов'язані з цим відповідні цілі має бути зазначено у технічному завданні замовника.

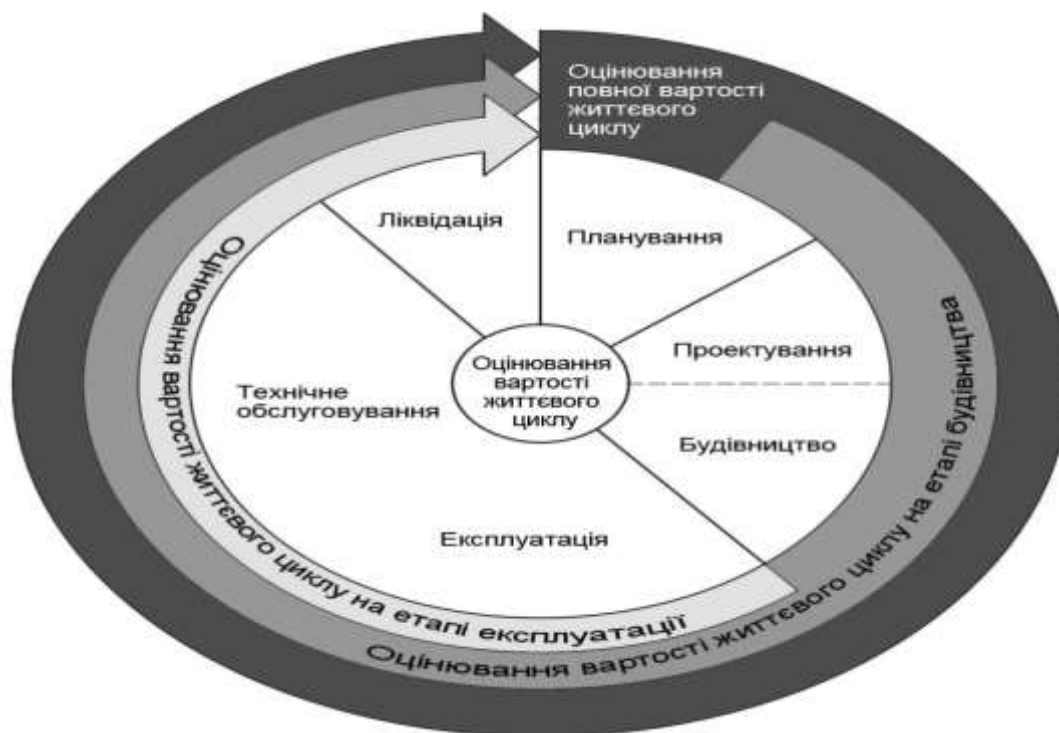


Рис. 2.4. Приклад застосування аналізу LCC на окремих етапах повного життєвого циклу [75]

Якщо оцінювання вартості життєвого циклу передбачає порівняльне аналізування економічних показників різних альтернативних варіантів, має бути дотримано всі вимоги замовника (включно з естетичними), а також враховано всі застосовні нормативні вимоги, чинні протягом визначеного для аналізування періоду. Відповідні об'єкти аналізування має бути зазначено також у технічному завданні замовника.

В технічному завданні з оцінювання вартості життєвого циклу замовник

може зазначити більшу кількість вимог, ніж статичне аналізування двох чи декількох альтернативних варіантів.

Аналізування LCC у поєднанні з іншими методами обґрунтування рішень, які приймаються стосовно проєктів нового будівництва та стратегічного управління активами, може суттєво вплинути на обрання проєктних рішень, технічні умови для компонентів та/або структуру партнерських зв'язків у процесі закупівель.

Методи забезпечення обґрунтованих рішень можуть охоплювати методи управління ризиками, оптимізацією вартості чи розрахунками витрат, моделювання експлуатаційних витрат та ефективності.

Стратегічне управління активами може охоплювати планування капітальних інвестицій, стратегії технічного обслуговування, управління субпідрядниками, підтвердження сталого розвитку та зменшення впливу на довкілля, підвищення функціональних можливостей об'єктів нерухомості та надання більш гнучких рішень з точки зору планування простору забудови чи функціональної придатності.

У процесі реалізації інвестиційно-будівельного проєкту вимоги замовника не є статичною величиною і можуть зазнавати змін та уточнень протягом усього його життєвого циклу. На різних стадіях проєктування, будівництва та експлуатації можуть формуватися нові або коригуватися існуючі потреби, що, відповідно, відображається у виданні різних технічних завдань. Важливо підкреслити, що вимоги, сформульовані в цих технічних завданнях, можуть стосуватися будь-якого з етапів життєвого циклу об'єкта, починаючи від початкової концепції і закінчуючи його майбутньою експлуатацією та навіть демонтажем, як це схематично представлено на рис. 2.5.

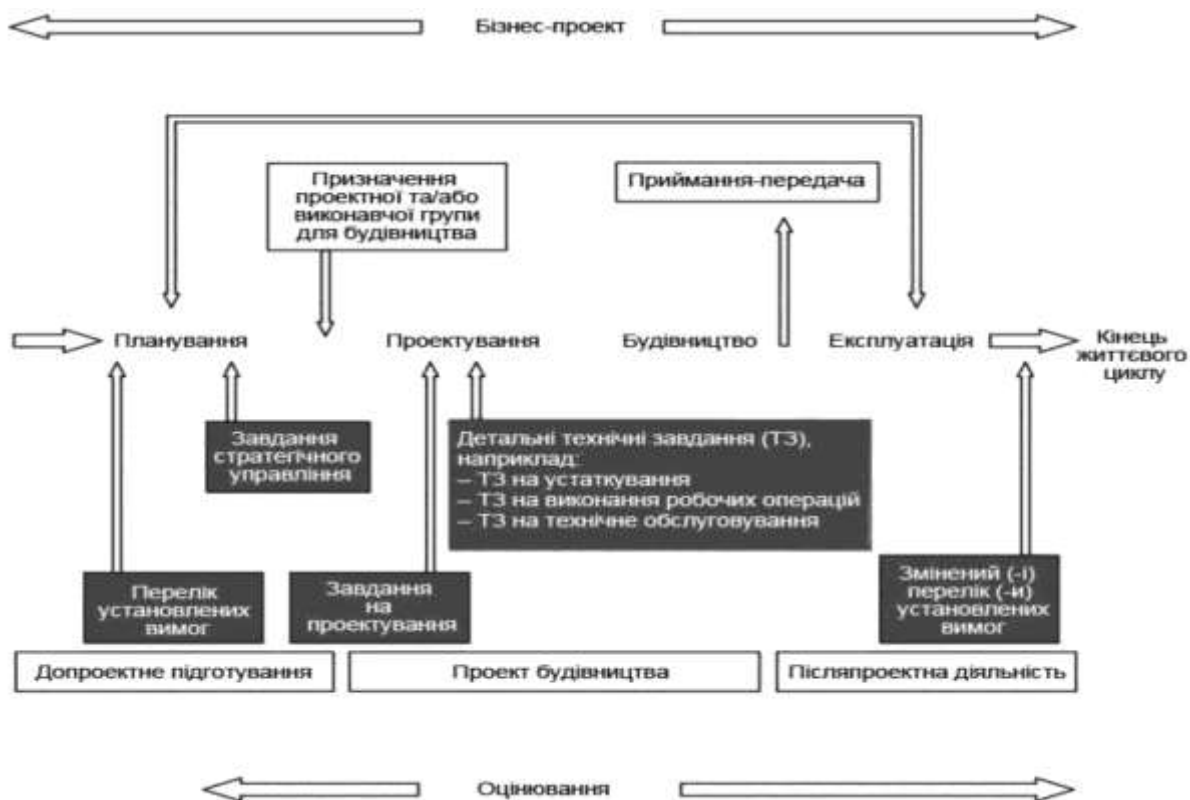


Рис. 2.5. Вимоги замовника впродовж життєвого циклу проєкту

Джерело: складено автором на основі [118]

З метою забезпечення комплексного підходу до управління вартістю на різних етапах життєвого циклу об'єкта будівництва застосовується багаторівневий аналіз вартості життєвого циклу (LCC). На рис. 2.6 наочно відображено три основні рівні такого аналізу: стратегічний, системний та детальний, кожен з яких може бути застосований на різних стадіях існування об'єкта. Аналізування LCC є універсальним інструментом, що може бути використаний як для об'єктів нового будівництва, так і для проєктів капітальної реконструкції вже існуючих споруд, а також при плануванні майбутнього використання об'єктів нерухомості, введених в експлуатацію раніше. При цьому, сфера застосування аналізу LCC не обмежується об'єктом нерухомості в цілому; він може бути ефективно використаний для оцінки вартості життєвого циклу окремих технологічних блоків, компонентів або конструктивних елементів, таких як інженерні установки, дорожнє покриття або покрівля.

Розуміння структури вартості життєвого циклу будівлі або споруди в цілому передбачає розгляд її як складної системи, що формується об'єднанням вартості окремих складових частин, урахуванням взаємозв'язків між ними, а також включенням непрямих витрат, за їх наявності. Такий системний підхід дозволяє отримати повну та об'єктивну картину економічної ефективності об'єкта протягом усього періоду його існування.



Рис. 2.6. Рівні аналізування на різних етапах життєвого циклу [69]

Типові рішення, засновані на даних аналізування LCC, можуть охоплювати:

а) оцінювання різних інвестиційних сценаріїв (наприклад, переобладнання

та реконструкція зведеного раніше об'єкта нерухомості або створення об'єкта нового будівництва) на етапі інвестиційного планування;

б) обирання між альтернативними проєктами об'єкта нерухомості загалом чи його частини (аналізування LCC на рівні активу/об'єкта нерухомості, конструкції або конструкційних елементів) на етапі проєктування та будівництва;

с) обирання серед альтернативних компонентів, що мають прийнятний рівень ефективності (аналізування LCC на рівні компонентів) на етапах будівництва або експлуатації;

д) порівняльне аналізування та/або аналізування ефективності попередніх рішень, виконане за окремими статтями витрат (наприклад, витратами на електроенергію, прибирання) або на стратегічному рівні (наприклад, відкрите планування офісу порівняно з розділеним на окремі службові приміщення);

е) оцінювання майбутніх витрат для цілей бюджетування або для визначення прийнятності інвестування, заснованого на сукупній вартості володіння.

Такі рішення, зокрема, прийняті на стратегічному (організаційному) рівні, можуть створити додану вартість для активу/об'єкта нерухомості та сприяти визначенню найбільш економічно ефективного режиму експлуатації та технічного обслуговування. Процес оцінювання капітального активу або об'єкта нерухомості на стратегічному рівні є важливим етапом для прийняття ефективних інвестиційних рішень. Він включає аналіз різних факторів, таких як функціональні вимоги, строк експлуатації, пріоритети замовника та фінансові показники, що забезпечує комплексний підхід до управління ресурсами. Оцінювання дозволяє оптимізувати витрати протягом усього життєвого циклу активу, мінімізувати ризики та врахувати довгострокові наслідки інвестиційних рішень. У представленій таблиці наведено основні види діяльності, які можуть здійснюватися в межах стратегічного оцінювання об'єкта нерухомості чи капітального активу.

Таблиця 2.3

Оцінювання капітального активу або об'єкта нерухомості на стратегічному рівні

№	Етап оцінювання/Діяльність	Опис завдань і аспектів
1	Визначення функціональних та експлуатаційних вимог	Аналіз функцій і експлуатаційних характеристик майбутнього об'єкта нерухомості або активу.
2	Встановлення проєктного строку експлуатації	Визначення періоду використання об'єкта, рівня охоплення аналізу життєвого циклу (LCC).
3	Визначення пріоритетів замовника	Формулювання очікуваних показників, таких як норма прибутку та зобов'язання щодо повернення інвестицій.
4	Попередні концептуальні проєктні рішення	Прийняття базових рішень щодо концепції проєкту та оцінка потенційної вартості життєвого циклу об'єкта.
5	Придбання у власність	Вибір способу придбання: будівництво, введення в експлуатацію, купівля чи оренда.
6	Купівля з урахуванням доходу від продажу	Оцінка доходу від можливої реалізації раніше зведених об'єктів та його врахування у фінансових розрахунках.
7	Урахування чинників впливу на вартість володіння	Розгляд витрат, пов'язаних із завершенням строку експлуатації або вибуттям активу.
8	Визначення інших витрат	Ідентифікація додаткових витрат, не пов'язаних із будівництвом (відповідно до інвестиційних цілей).

Джерело: складено автором на основі [5], [6], [11], [12].

Цей етап може охоплювати численні види діяльності, пов'язані з проведенням оцінювання на стратегічному рівні стосовно придбання чи будівництва конкретного капітального активу/об'єкта нерухомості, наприклад:

а) визначення функціональних та експлуатаційних вимог до побудованого активу/об'єкта нерухомості;

б) установлення проєктного строку експлуатації, рівня та періоду, охоплених аналізуванням LCC;

с) визначення пріоритетів замовника (наприклад, потрібної норми прибутку на капіталовкладення та зобов'язань щодо повернення коштів);

д) прийняття попередніх концептуальних проєктних рішень та відповідних припущень щодо вартості життєвого циклу в технічних умовах чи планах етапу експлуатації;

е) придбання у власність (способом будівництва/монтажу і введення в експлуатацію та/або купівлі/оренди);

ф) купівля (включно з прийманням-передачею за врахування доходу від продажу зведеного раніше об'єкта нерухомості);

г) урахування чинників впливу на вартість володіння (можуть охоплювати чи не охоплювати витрати на завершення строку експлуатації/вибуття активу);

h) визначення інших витрат, не пов'язаних із будівництвом (залежно від цілей прийняття інвестиційних рішень).

Для кожного стратегічного варіанту потрібно визначити окремо прогнозовану вартість життєвого циклу. На цьому етапі може бути прийнято численні припущення стосовно ключових змінних, які можуть охоплювати припущення щодо майбутніх вимог (наприклад, майбутні потреби в житлі) та щодо змінних у розрахунку витрат (наприклад, щодо витрат на енергоносії та застосовних ставок дисконтування). Може бути прийнято також технічні припущення щодо прийнятих для розрахунків даних (наприклад, часових періодів витрат і строків служби компонентів). Усі припущення має бути зазначено у звіті з аналізування.

На рис. 2.7 показано обсяг заощадженої вартості LCC, яку може бути отримано на етапах життєвого циклу проєкту. На етапах планування та проєктування передбачено найбільше можливостей для здійснення впливу на вартість життєвого циклу після завершення будівництва, оскільки можливість впливати на процеси проєктування та зведення будівлі стає щодалі більш обмеженою в міру того, як етап придбання виходить за межі зобов'язань щодо інвестування у купівлю чи будівництво активу/об'єкта нерухомості. У перший період тривалістю 20 % процесу проєктування можна здійснити вплив на обсяги

витрат, що становлять до 80 % вартості експлуатації, обслуговування та замінювання компонентів будівлі. Про це ішлося раніше, в обґрунтуванні технологічного забезпечення управлінням життєвого циклу об'єкта будівництва, де нами було обґрунтовано структуру формування вартості в розрізі позиції часової стадії.

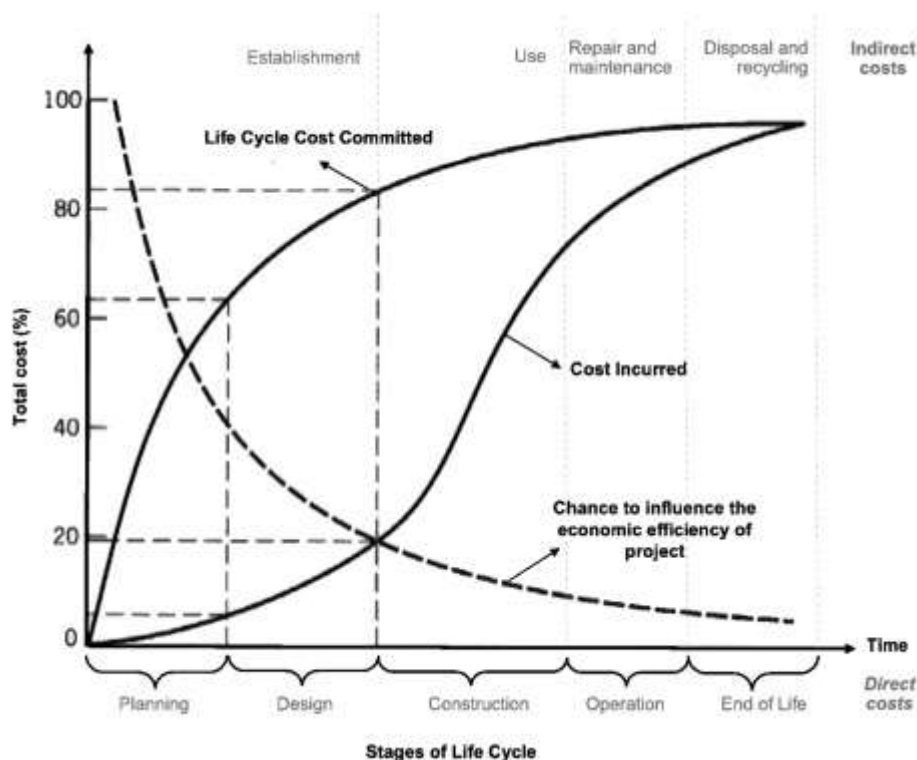


Рис. 2.7. Можливість впливу на економічну ефективність проєкту [120]

Моменти прийняття рішень, отримання даних обстеження технічного стану будівель та постійний моніторинг витрат і оптимізація LCC мають відбуватися упродовж усього строку експлуатації об'єкта нерухомості.

Щоб досягти можливої вигоди, на етапах планування та проєктування вихідні припущення щодо вартості життєвого циклу потрібно переглядати та поступово уточнювати або замінювати на кращі за результатами аналізування обсягів товарів/послуг, витрат та прогнозованих експлуатаційних показників. Припущення, на яких засновано розрахунки (наприклад, період аналізування та застосовна ставка дисконтування) на цьому етапі аналізування також має бути підтверджено [121].

Залежно від стадії проектування, план LCC оцінюють на підставі даних планування капітальних та операційних витрат, виходячи з рівня наявної інформації.

Аналіз LCC потрібно розробляти паралельно з проектом, дотримуючись постійного зв'язку із даними планування на початковому етапі та вирішуючи всі виявлені протиріччя у відповідних ситуаціях. Поступово зосередженість на витратах в історичній перспективі потрібно замінювати на обґрунтованість прогнозованих витрат для проекту, який розглядають.

Для об'єктів нового будівництва чи капітального ремонту план LCC розробляють на основі інформації про будівництво та оновлюють на етапі будівництва для установлення плану витрат на період експлуатації під час життєвого циклу. Для побудованих раніше об'єктів нерухомості розроблення плану має бути засновано на інформації про їх поточний технічний стан та на результатах обстеження, які має бути отримано у разі відсутності потрібних даних пакеті документації, доданому до технічного завдання замовника.

Потрібно контролювати показники ефективності та вартість завершеного будівництва, оскільки може бути виявлено їх відхилення від прогнозованих витрат, наслідки змінення режимів експлуатації та технічного обслуговування, збільшення поточних витрат, що може бути результатом дій замовника, пов'язаних з переобладнанням, а також надмірної обережності чи надто оптимістичного прогнозування, або оцінювання тривалості часових періодів.

План LCC має містити документовану інформацію щодо надійності та довговічності, плани технічного обслуговування, зазначені етапи життєвого циклу, на яких передбачено капітальний ремонт та заміну компонентів будівлі та інженерних мереж. План також має містити достатньо даних, щоб забезпечити моніторинг витрат і термінів виконання робіт. Потрібно, щоб завершений проект будівництва мав супровідні настанови, в яких викладено інформацію стосовно експлуатації, технічного обслуговування та ремонтування упродовж життєвого циклу, а також процедури заміщення/утилізації компонентів чи матеріалів після закінчення строку експлуатації. Терміни виконання заходів, передбачених на

етапі експлуатації та технічного обслуговування, має бути узгоджено та представлено у формі план-графіка.

Аналізування LCC має охоплювати рівні виконання заходів та періоди часу, пов'язані з технічним обслуговуванням на етапі експлуатації, оскільки ці заходи безпосередньо впливають на тривалість строку експлуатації будівлі.

Етапи експлуатації та технічного обслуговування, зазвичай, мають найбільшу тривалість у межах життєвого циклі побудованих активів/об'єктів нерухомості, але цими фазами часто нехтують. Буває так, що окремі витрати, пов'язані з експлуатацією та технічним обслуговуванням, установлюють неодноразово. Ці витрати, ймовірно, складають велику частку від загальної вартості LCC побудованого об'єкта нерухомості, внаслідок чого буває потрібно проводити детальне аналізування основних статей витрат (наприклад, для досягнення збалансованості між фінансовим капіталом та витратами, пов'язаними з експлуатацією та технічним обслуговуванням, замінюванням компонентів чи закінченням терміну експлуатації, або для зниження неприйнятних ризиків відмови під час експлуатації).

Витрати на заплановані капітальні ремонти, реконструкцію та переобладнання мають бути внесеними до плану LCC, навіть якщо план потребуватиме перегляду за фактом виконання запланованих заходів.

Капітальний ремонт та реконструкція (а також переобладнання, за потреби) за сутністю частково є повторенням дій, що відбуваються на етапах проектування та будівництва, але в інший момент життєвого циклу побудованого активу/об'єкта нерухомості. Після них етап експлуатації та технічного обслуговування відновлюється, але за інших початкових характеристик.

Якщо на етапі експлуатації потрібно виконати капітальний ремонт або реконструкцію, має бути підготовлено новий аналіз LCC. Рішення про проведення реконструкції мають стосуватися оцінювання переглянутого залишкового строку експлуатації спорудженого об'єкта нерухомості та визначенню того, чи залишати результати початкового оцінювання проектного строку експлуатації чинними за урахування досягнутих строків експлуатації та всіх змін, які внесено до вимог

користувача/замовника.

В аналізі LCC має бути зазначено витрати, які враховано у вартості етапу завершення строку експлуатації. Знесення будівлі може відбуватися до або після вибуття активу, причому потрібно чітко зазначити, чи враховано ці витрати в аналізі.

Етап завершення строку експлуатації може охоплювати інспектування перед утилізацією та потребувати заходів зі знесення, підготовки до вторинної переробки та/або повторного використання та/або рекуперації енергії та/або утилізації відходів.

Вибуття активу може призвести до доходів, а не до витрат, якщо побудований актив/об'єкт нерухомості або його частини матимуть можливість подальшого використання. За потреби, доходи можна врахувати в аналізі WLC.

Оцінювання вартості життєвого циклу можна виконати на рівні приблизних значень показників, використовуючи середньогалузеві показники або еталонні показники для певного типу будівлі/споруди (такі методи називають «параметричними методами оцінювання»), або на детальному рівні на основі конкретних результатів оцінювання або прогнозування експлуатаційних властивостей компонентів та заходів із технічного обслуговування. Розрахунки LCC можна виконувати на різних рівнях, залежно від того, який етап реалізації проєкту визначено для аналізування. Ступінь деталізації та доступна інформація мають відігравати вирішальну роль. Загальним принципом, за яким визначають рівень деталізації для виконання розрахунків LCC, має бути принцип відповідності до рівня деталізації, застосованого до розрахунку витрат на придбання.

Зазвичай, попереднє аналізування життєвого циклу проєкту виконують на базовому рівні, а пізніше аналізування - більш детально.

Зазвичай, початкове (бюджетне) аналізування витрат має виконуватись на функціональну одиницю (наприклад, вартість ліжка- місця) чи на загальну площу активу/об'єкта нерухомості (наприклад, вартість квадратного метра), або на кількість розміщених осіб (наприклад, у школі, в'язниці чи офісі).

Потім модель витрат LCC може бути розраховано у формі елементного аналізу за використання інтегрованої структури LCC, що збільшує точність оцінювання.

Потрібно уважно поставитись до того, щоб попередні проекти, з яких узято базові ставки (коефіцієнти) на рівні активів/об'єктів нерухомості чи їх елементів, були порівнянними з об'єктом, запропонованим для розгляду. Потрібно, щоб в аналізі було відображено також зміни у витратах, починаючи з попереднього проекту, та будь-які інші місцеві чинники, що мають відношення до нового проекту.

Оцінювання на рівні базових показників потрібно поступово уточнювати, його результати можна зберігати лише як контрольні показники для перевірки на відповідність детального аналізу вартості життєвого циклу.

На рис. 2.7 наведено класифікацію витрат високого рівня, але існують і більш детальні структури, призначені для розробки контрольних показників витрат для конкретних проектних рішень, місць розташування чи цілей будівництва.

Детальне аналізування вартості життєвого циклу має бути засновано на даних детальної розробки запропонованого проекту та кількості визначених елементів чи компонентів споруджуваного об'єкта нерухомості. Зазначені дані підсумовують для отримання оцінки LCC на основі базових принципів. У міру розробки проекту потрібно перевіряти, як впливають конкретні варіанти проектних рішень на загальну вартість об'єкта (а також на відповідність до інших проектних вимог, наприклад, щодо термінів завершення робіт). Рівень аналізування має охоплювати планування терміну експлуатації конкретної конструкції з врахуванням запропонованих складових елементів. Для оцінювання та обґрунтування обраних технічних умов строки експлуатації конкретних об'єктів нерухомості треба розглядати на більш детальному рівні.

Існують різні національні стандарти, які можуть застосовуватись для структурування витрат під час проведення аналізу, причому важливо зазначити, що, порівнюючи типові витрати, наведені з різних джерел даних, потрібно чітко

розуміти будову кожної структури даних.

Для кожного виду витрат, як для їх контрольних показників, так і для категорій детального аналізу, має бути встановлено відповідний часовий графік моментів виникнення (чи повторення) витрат. Часові графіки витрат можуть містити лише один випадок, але буває так, що наведені у часовому представленні витрати, або такі, що повторюються, можуть утворювати серію пар за поєднання витрат і моментів часу. Витрати можуть бути фіксованими чи змінними у часі. Базовий розрахунок часу виникнення витрат упродовж життєвого циклу або інших грошових потоків має бути записано у вигляді умовного графіка динамічного розподілу витрат упродовж життєвого циклу.

Через невизначеність значень у майбутньому, витрати треба виражати не як майбутню вартість, а як реальну (наприклад, потрібно враховувати поточну вартість водогрійного котла, якою вона є, а не номінальну вартість). Однак номінальні (майбутні) значення вартості можна використовувати за умови, що їх чітко виділено у звітній документації.

Значення прогнозованих витрат майбутніх періодів життєвого циклу мають бути якомога точнішими. Особливої уваги треба приділити найбільш значущим змінним витрат, зокрема, за умов, якщо кількість достовірних контрольних даних є обмеженою. Значення змінних можна отримати з таких джерел:

- а) результати прямого оцінювання вартості компонентів, виконаного раніше;
- б) результати аналізування даних в історичній перспективі, за типовими прикладами застосування (наприклад, за відомостями обсягів робіт);
- с) результати моделювання, заснованого на очікуваних показниках, середніх показниках тощо;
- д) оптимістичні припущення щодо тенденцій розвитку технологій, ринку та можливостей застосування у майбутньому.

Комп'ютерні (розрахункові) моделі, призначені для аналізування чутливості до ризиків, в ідеальній ситуації, повинні мати повністю параметричну структуру, тобто кожне значення має бути пов'язане з параметром, який у разі його зміни

призводить до зміни всіх інших похідних від нього витрат. Як альтернативний варіант, логічне аналізування та перевірку змінних можна виконувати за кожною зміною окремо.

Рівень деталізації даних про змінні вартості може залежати від дії різних чинників, наприклад, обмеженості діапазону даних чи ускладненої деталізації вхідної інформації, на якій засновано аналіз LCC або від яких залежить, які типи методів та моделей має бути застосовано до оцінювання LCC.

Вплив зазначених чинників може призвести до невідповідності між базовими визначеннями та припущеннями.

Ситуація може потребувати розгляду інших змінних вартості, наприклад, конвертації валют та відповідних витрат. Аналіз LCC має містити чітко зазначені витрати в реальному чи номінальному вираженні, приведені чи дисконтовані, які надалі має бути послідовно враховано. В ідеальній ситуації, потрібно враховувати реальну та дисконтовану вартість.

Якщо опціон має вартість придбання та витрати майбутніх періодів, або якщо опціони мають різні ставки дисконтування вартості придбання та витрат майбутніх періодів, то це є механізмом, який використовують для приведення цих витрат до загальної базової дати.

Поняття «вартість грошей з врахуванням фактору часу» означає, що у відношенні до інвестування вартість грошей залежить від точної дати їх отримання або сплати; цю вартість визначають способом дисконтування майбутніх значень вартості для отримання теперішньої вартості. «Вартість грошей з врахуванням фактору часу» враховують способом дисконтування витрат майбутніх періодів, щоб відобразити їх зменшену вартість у рік операції відносно базового року. Ставка дисконтування змінюється залежно від організацій-учасника.

Особи чи організації, що здійснюють фінансування, та/або замовники можуть установлювати вимоги щодо перегляду чи перевірки прийнятих припущень та варіантів рішень LCC для підтвердження того, що вони забезпечують адекватну та прийнятну основу для оцінювання LCC.

Оцінювання вартості життєвого циклу потребує припущень щодо майбутнього використання та експлуатації будівлі чи спорудженого об'єкта нерухомості, а також прийняття рішень щодо методології детального оцінювання витрат упродовж життєвого циклу. Ці припущення та рішення мають значний вплив на результати оцінювання вартості життєвого циклу.

У звіті за результатами аналізування LCC має бути чітко зазначено обсяги аналізування, інформацію, на якій його засновано, та її рівень достовірності.

Достовірність результатів аналізування LCC залежить від наявності та застосовності відповідної інформації, прийнятих припущень, будь-яких пропусків чи виключень, а також вхідних даних аналізу. Внаслідок використання некоректних даних чи пропуску суттєвих статей витрат може бути зроблено помилкові висновки та прийнято невідповідні рішення.

Для установлення діапазону невизначеності та ризику, пов'язаних із конкретним аналізом LCC, можна застосовувати метод Монте-Карло та аналізування чутливості.

2.2. Трансформація життєвого циклу житлового фонду України під впливом військової агресії

Повномасштабне військове вторгнення російської федерації, розпочате в лютому 2022 року, завдало колосальних руйнувань інфраструктурі України. За оцінками, станом на поточний період, загальна сума прямих збитків, завданих житловій та нежитловій нерухомості, об'єктам критичної інфраструктури, транспортним засобам та товарним запасам, перевищила 157 мільярдів доларів США (у вартісному вираженні, необхідному для повного заміщення втрачених активів).

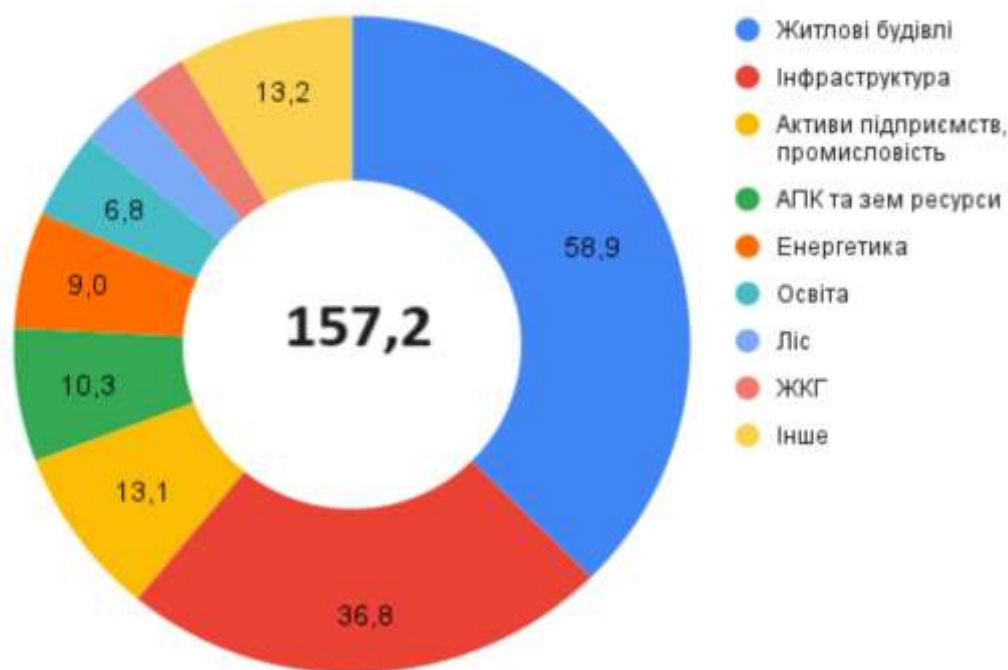


Рис. 2.8. Прямі збитки від руйнувань та пошкоджень за секторами, \$ млрд [122]

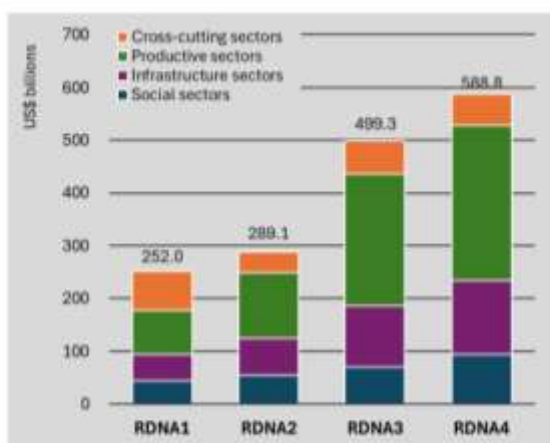
Найбільших та найбільш концентрованих руйнувань зазнав житловий фонд низки міст, що стали епіцентрами бойових дій на сході та півдні України. До цього переліку входять такі стратегічно важливі та густонаселені пункти, як Маріуполь, Харків, Чернігів, Сєвєродонецьк, Рубіжне, Бахмут, Мар'їнка, Лисичанськ, Попасна, Ізюм та Волноваха. Ступінь руйнувань у цих населених пунктах є катастрофічним. Так, за попередніми оцінками, у Сєвєродонецьку пошкоджено щонайменше 90% житлового фонду, що фактично унеможливило повернення значної частини мешканців до своїх довоєнних помешкань без проведення масштабних відновлювальних робіт або будівництва нового житла. Ситуація в таких містах, як Бахмут і Мар'їнка, характеризується ще більшою критичністю, де, за наявними даними, практично не залишилося непошкоджених будівель, що свідчить про майже повне знищення житлової інфраструктури внаслідок інтенсивних бойових зіткнень.

Необхідно підкреслити, що кількість пошкоджених житлових будівель, включаючи як багатоквартирні, так і індивідуальні приватні оселі, продовжує зростати. Це зумовлено триваючими активними бойовими діями на територіях

Харківської, Луганської, Донецької, Запорізької та Херсонської областей, а також наслідками тимчасової окупації значних частин української території. Крім того, регулярні ракетні та безпілотні атаки, що здійснюються збройними силами РФ по всій території України, включно з віддаленими від лінії фронту регіонами, призводять до нових руйнувань та пошкоджень житлової та цивільної інфраструктури, ускладнюючи і без того складну гуманітарну ситуацію та створюючи додатковий тиск на ресурси, необхідні для відновлення країни.

Масштаби руйнувань є надзвичайно великими та мають довгострокові наслідки для соціально-економічного розвитку України. Житлова нерухомість зазнала пошкоджень різного ступеня тяжкості: від повного знищення до стану, що потребує капітального ремонту або ж відносно швидкого відновлення. Проте, можливості для відновлення житла за рахунок державної компенсації залишаються обмеженими та не завжди покривають нагальні потреби постраждалого населення.

Статистичні дані свідчать про критичний стан житлового фонду. Зафіксовано знищення або пошкодження понад 143 тисячі приватних будинків та більше ніж 24 тисячі багатоквартирних будівель. За оцінками міжнародних фінансових інституцій, зокрема Світового банку, загальний обсяг пошкодженого або повністю зруйнованого житлового фонду в Україні сягає приблизно 13% від його довоєнного стану, що торкнулося понад 2,5 млн домогосподарств.



Source: Assessment team. Note: Loss in RDNA1 considers 21 months in total—3 months between March and June 2022, and an additional 18 months. Loss in RDNA2 considers 30 months in total—12 months between February 24, 2022, and February 24, 2023, and an additional 18 months. Loss in RDNA3 considers 40 months in total—22 months between February 24, 2022, and December 31, 2023, and an additional 18 months. Loss in RDNA4 considers 52 months, which includes 34 months between February 24, 2022, and December 31, 2025, and an additional 18 months.

Рис. 2.9. Збитки України за різні періоди у мільярдах доларів / скриншот з документу Світового банку [123]

Примітка. Втрата в RDNA1 враховує 21 місяць загалом – 3 місяці з березня по червень 2022 року та додаткові 18 місяців.

Втрата в RDNA2 враховує 30 місяців загалом – 12 місяців з 24 лютого 2022 року по 24 лютого 2023 року та додаткові 18 місяців.

Втрата в RDNA3 враховує 40 місяців загалом – 22 місяці з 24 лютого 2022 року по 31 грудня 2023 року та додаткові 18 місяців.

Втрата в RDNA4 враховує 52 місяці, що включає 34 місяці з 24 лютого 2022 року по 31 грудня 2025 року та додаткові 18 місяців.

Ці цифри відображають не лише фізичні руйнування будівель, але й глибокі соціальні наслідки: втрату домівки, вимушене переселення, руйнування соціальних зв'язків та погіршення якості життя мільйонів громадян. Проблема відновлення житлового фонду є багатогранною та потребує комплексного підходу, що включає не лише фінансову підтримку, але й розробку ефективних механізмів компенсації, забезпечення тимчасовим житлом, а також стратегічне планування відбудови міст та селищ з урахуванням принципів сталого розвитку та безпеки. Подальші дослідження мають бути спрямовані на оцінку реальних потреб у відновленні житла, аналіз ефективності існуючих програм підтримки та пошук інноваційних підходів до вирішення цієї гострої соціально-економічної проблеми.

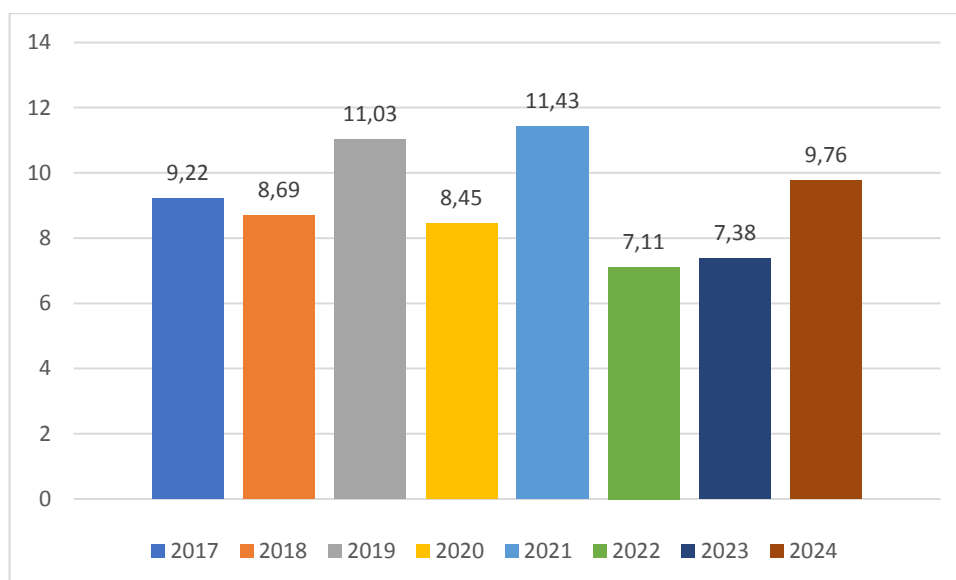


Рис. 2.10. Темпи введення житла в Україні в експлуатацію, млн. м² [124]

На рис. 2.10 подано динаміку введення житла в експлуатацію в Україні за 2017–2024 роки. Ці дані не лише ілюструють обсяги завершеного житлового будівництва, а й відображають ключові особливості життєвого циклу об'єкта будівництва – від початкового задуму до введення в експлуатацію. Протягом 2017–2021 років показники коливалися в межах від 8,45 до 11,43 млн м², що свідчить про відносно стабільну реалізацію повного циклу будівельних проєктів: початок фінансування та проєктування відбувався приблизно за 2–4 роки до здачі об'єкта, тобто в період економічного пожвавлення. Особливо високими темпами житло вводилось у 2019 та 2021 роках, що є логічним завершенням інтенсивної фази будівництва, розпочатої раніше.

Однак із 2022 року ми бачимо різке зниження обсягів – до 7,11 млн м². Це зменшення напряму пов'язане з повномасштабним вторгненням Росії, яке спричинило порушення всіх етапів життєвого циклу будівництва. Були зірвані строки виконання робіт, знищено інфраструктуру, порушено логістику та призупинено фінансування. У результаті багато об'єктів не дійшли до завершальної фази. 2022 рік фактично став точкою зриву звичних циклічних процесів у будівництві. У 2023 році спостерігається незначне зростання

(7,38 млн м²), що свідчить про адаптацію галузі до нових умов та завершення проєктів, які вдалося зберегти чи відновити. А вже у 2024 році показник зростає до 9,76 млн м², що може бути результатом як продовження реалізації довгострокових проєктів, так і запуску нових ініціатив, зокрема в межах програм відновлення житла. Таким чином, графік демонструє, як війна не лише скоригувала обсяги введеного в експлуатацію житла, але й суттєво вплинула на логіку та тривалість життєвого циклу об'єктів будівництва. У довоєнний період цикл мав стабільну траєкторію – від задуму до реалізації, тоді як у 2022 році відбулося його різке порушення, з поступовим відновленням у наступні роки.

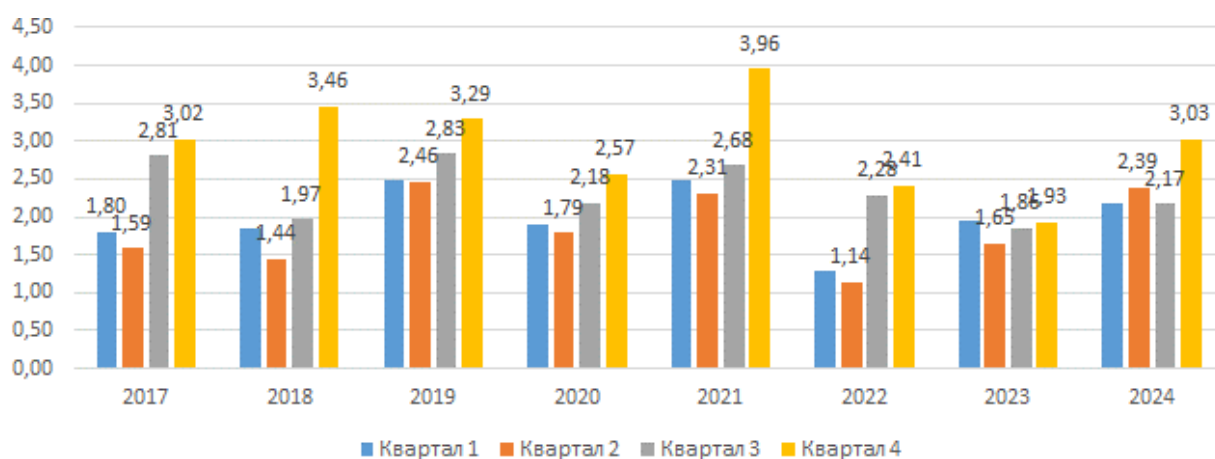


Рис. 2.11. Темпи введення житла в експлуатацію поквартально, млн. м² [125]

На тлі значних втрат та пошкоджень, будівельний сектор України продемонстрував стійкість та здатність до відновлення, що знайшло своє відображення у зростанні обсягів введення в експлуатацію житла у 2024 році. За даними Державної служби статистики, загальна площа житлових будинків, прийнятих в експлуатацію, сягнула 9,76 мільйона квадратних метрів. Цей показник відображає значне зростання у порівнянні з попереднім 2023 роком, зафіксувавши приріст на рівні 21,1%. Така тенденція свідчить про активізацію будівельної діяльності та потенційне відновлення ринку житлової нерухомості після періоду певних економічних та соціальних викликів.

Аналіз структури введеного в експлуатацію житла у 2024 році виявляє майже рівномірний розподіл між різними типами будівель. Так, 51% загальної площі припало на одноквартирні будинки, що може вказувати на зростаючий попит на індивідуальне житло та розвиток приміської забудови. Водночас, значна частка у 49% була забезпечена будинками з двома і більше квартирами, що свідчить про продовження будівництва багатоквартирних житлових комплексів, особливо у великих містах та обласних центрах. Незначна частка у 0,02% припала на будинки, призначені для колективного проживання, що може відображати специфічні потреби окремих категорій населення або реалізацію невеликих соціальних проєктів.

Регіональний розподіл обсягів введеного в експлуатацію житла у 2024 році демонструє концентрацію будівельної активності в кількох ключових областях. Лідером за цим показником стала Київська область, де було введено в експлуатацію 1,95 мільйона квадратних метрів, що становить 19,9% від загальнонаціонального обсягу. Друге місце за обсягами введення житла посідає місто Київ з показником у 1,41 мільйона квадратних метрів (14,5%). Львівська область також продемонструвала значні результати, ввівши в експлуатацію 1,06 мільйона квадратних метрів (10,9%). До п'ятірки лідерів увійшли також Івано-Франківська область з 651,5 тисячі квадратних метрів (6,7%) та Одеська область з 581,2 тисячі квадратних метрів (6%).

Така регіональна концентрація може бути зумовлена низкою факторів, включаючи інвестиційну привабливість регіонів, наявність земельних ресурсів, розвиненість інфраструктури, міграційні процеси та попит на житло з боку населення. Позитивна динаміка введення в експлуатацію житла у 2024 році є важливим індикатором відновлення та розвитку будівельного сектору України, проте подальші дослідження потребують аналізу факторів, що сприяли цьому зростанню, а також оцінки його стійкості та впливу на задоволення потреб населення у якісному житлі.

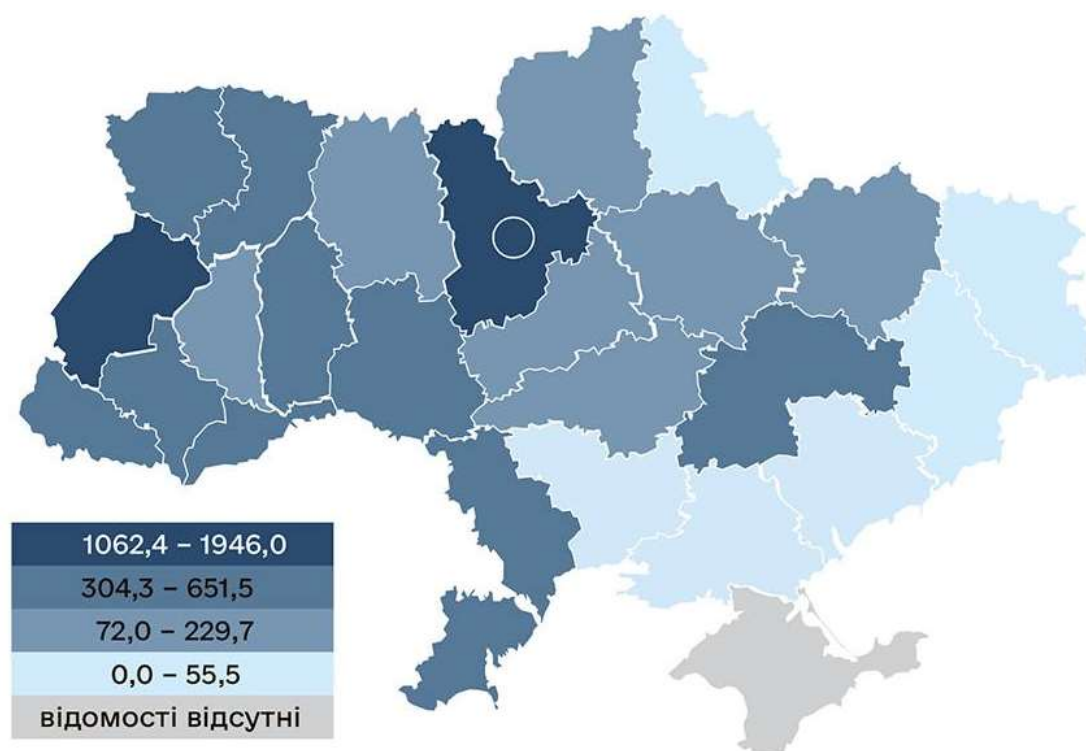


Рис. 2.12. Регіональний розріз введення в експлуатацію житла у (9758,9 тис. м²) 2024 р. Джерело: складено автором на основі [126]

Незважаючи на зростання обсягів нового будівництва, яке є важливим фактором розвитку ринку нерухомості, переважна більшість населення України продовжує проживати у житловому фонді, сформованому у попередні десятиліття, стан якого потребує детального розгляду

Станом на 2020 рік житловий фонд України характеризувався значною часткою застарілого житла, що є наслідком інтенсивного будівництва у попередні десятиліття. Згідно з дослідженнями, майже три чверті (близько 75%) міського населення проживало в багатоквартирних будинках, зведених у період з 1960-х по 1980-ті роки. Ще значна частина, близько 15% містян, мали житло, побудоване до 1960-х років. Лише відносно невелика частка, близько 10%, мешкала у житлі, збудованому за роки незалежності України.

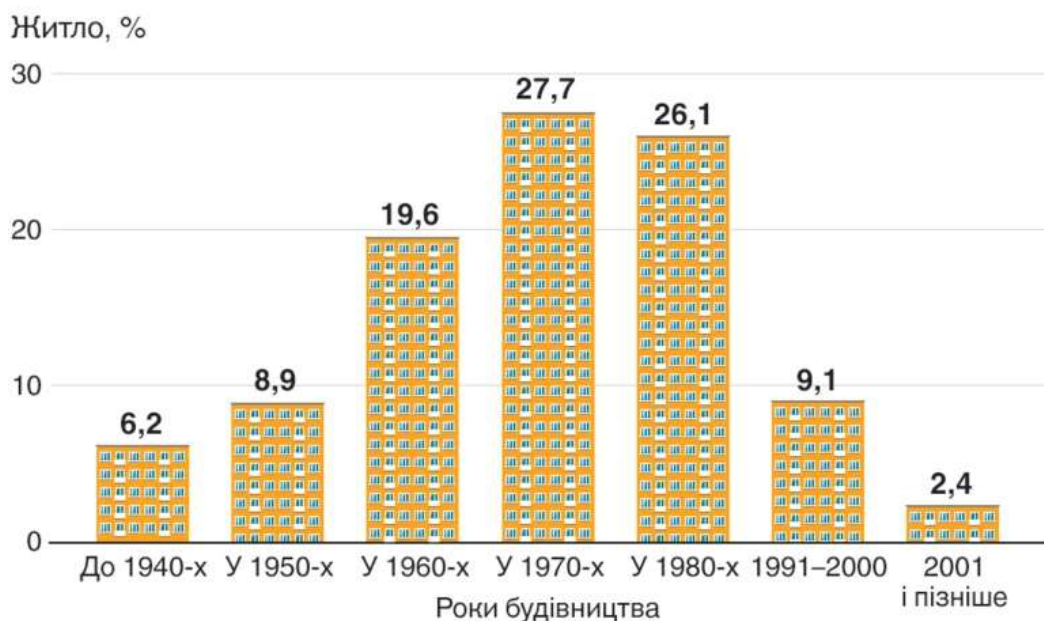


Рис. 2.13. Житловий фонд України [126]

Офіційна статистика також підтверджує проблему зношеності житлового фонду. Загалом по Україні, майже 45% житлових об'єктів ніколи не проходили процедуру капітального ремонту. Це свідчить про накопичення проблем, пов'язаних з фізичним старінням будівель та необхідністю проведення значних відновлювальних робіт у майбутньому.

Водночас, дані Міністерства розвитку громад та територій станом на січень 2020 року вказують на те, що кількість аварійних та "ветхих" (зношених) будинків не перевищувала 1% від загальної кількості як багатоквартирних, так і приватних будинків у містах та селах. Це може свідчити про розбіжність між загальним рівнем зношеності, що потребує капітального ремонту, та критичним станом будівель, непридатних для проживання.

Питання модернізації застарілого житлового фонду, зокрема так званих "хрущовок" (п'ятиповерхових будинків, збудованих у 1960-х роках), періодично виникає на рівні державної політики та ініціатив забудовників. Пропонуються різні підходи, від комплексної реконструкції до повного знесення застарілих будівель та зведення на їхньому місці нових, більш високих та просторих житлових об'єктів.

У 2006 році було навіть ухвалено відповідний закон, який передбачає, що рішення про проведення комплексної реконструкції житла приймаються органами місцевого самоврядування, які також затверджують відповідні програми. Однак, незважаючи на законодавчу базу, масштабні та успішні приклади практичного застосування цього закону наразі відсутні. Це може бути пов'язано з різними факторами, включаючи складність організації мешканців, фінансові обмеження та відсутність чітких механізмів реалізації.

Директор аналітико-дослідницького центру "Інститут міста" Олександр Сергієнко наголошує на необхідності зваженого підходу до питання модернізації. На його думку, знесенню підлягають лише дійсно аварійні та зношені будинки, капітальний ремонт яких є економічно недоцільним. Щодо решти застарілого житлового фонду, експерт вважає за необхідне застосовувати диференційований підхід, враховуючи технічний стан та потенціал для подальшої експлуатації. Він зазначає, що навіть "сталінки", збудовані до 1960-х років, залишаються популярними на вторинному ринку, що свідчить про їхню якість та довговічність [89].

Особливу увагу експерт приділяє "хрущовкам", термін експлуатації яких за проектом становив 60 років. Він зазначає, що ця цифра мала певний запас міцності, і якщо типова панельна "хрущовка" не зазнала серйозних деформацій на початковому етапі усадки фундаменту, а також за умови належної експлуатації (відсутність протікання даху та вологості у підвалі), такі будинки можуть служити значно довше. Аналогічна ситуація, за словами експерта, стосується і багатоповерхових будинків, збудованих у 1970-1980-х роках.

Таким чином, аналіз стану житлового фонду України станом на 2020 рік виявляє значну частку застарілого житла, що потребує уваги з боку державної політики та власників. Питання модернізації є актуальним, проте потребує ретельного вивчення технічного стану будівель, економічної доцільності різних підходів та врахування думки експертів для прийняття обґрунтованих рішень.

За даними Держстату [127], у 2021 році 3,3% домогосподарств України мешкали у житлі, побудованому у 2001 році або пізніше. Одночасно 45%

домогосподарств заявили, що останній капітальний ремонт їхнього житла здійснювався у 2001 році або пізніше.

Як зазначено в [127]: «...житло 39,7% домогосподарств побудовано до 1971 року. Ймовірно, таке житло є першим претендентом на капітальний ремонт, з огляду на його вік, тож буде справедливим припущення, що воно становить більшість із житлового фонду, що був відремонтований після 2001 року. Можна зробити висновок, що умовно лише орієнтовно 5%¹⁰ житла є таким, що побудовано у 1971-2000 роках та капітально відремонтовано після 2001 року. Всього у житлі, побудованому у 1971-2000 роки, мешкають 57% домогосподарств. З цього можна зробити обґрунтоване припущення, що не менше ніж 50% всіх домогосподарств України мешкають у житлі 1971-2000 років побудови, що не було капітально відремонтоване після 2001 року.

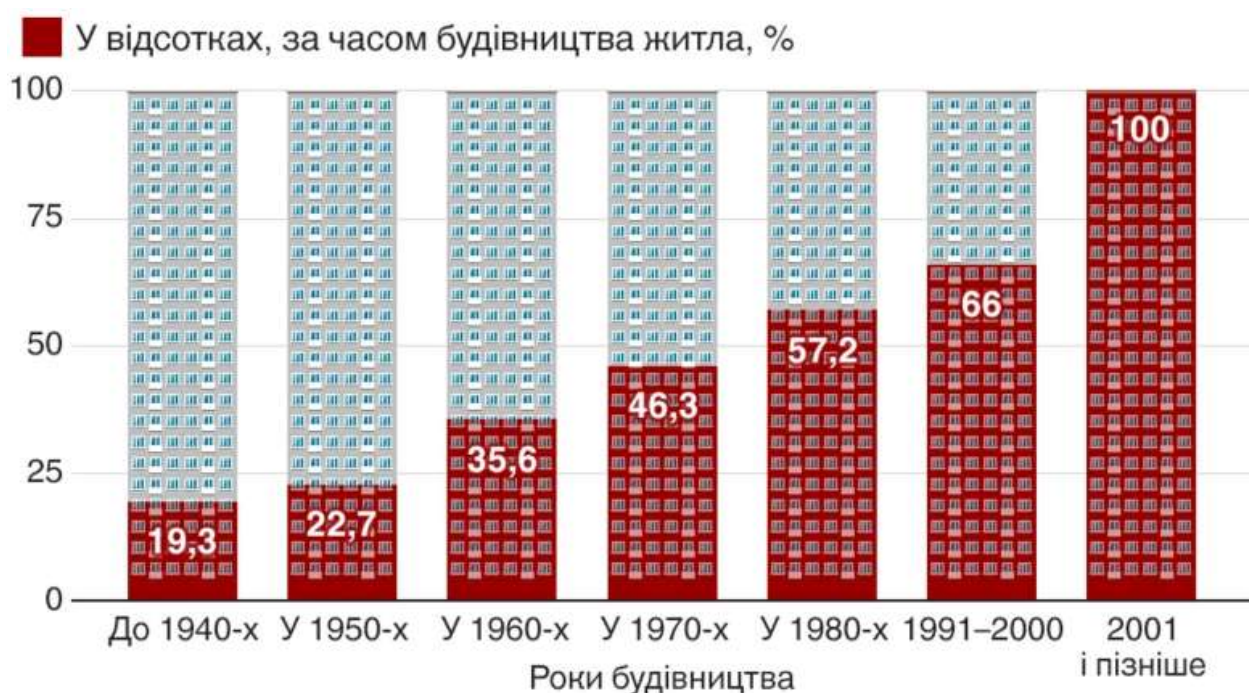


Рис. 2.14. Житловий фонд без капітального ремонту [128]

Динаміка змін технічного стану житлових будівель на вторинному ринку впродовж життєвого циклу характеризується поступовим погіршенням експлуатаційних якостей об'єкта внаслідок природного зносу, впливу зовнішніх факторів та умов експлуатації. На початковому етапі життєвого циклу (до 10–15

років) будівлі зазвичай зберігають високий рівень технічної справності, незначні дефекти або пошкодження носять косметичний характер і легко усуваються. У цей період технічний стан споруд майже не впливає на ринкову вартість об'єкта, а його привабливість визначається переважно місцем розташування, плануванням і внутрішнім оздобленням.

У середньостроковій перспективі (15–30 років) спостерігається посилення впливу фізичного зносу на основні конструктивні елементи будівлі: поступове старіння інженерних систем, зниження енергоефективності, поява тріщин, осідання фундаменту або погіршення гідроізоляції. У зв'язку з цим зростає потреба у часткових ремонтах та модернізації інфраструктури. У цей період технічний стан починає відігравати більш вагомий роль при формуванні ціни на вторинному ринку, а покупці дедалі уважніше аналізують технічну документацію, стан фасаду, даху, комунікацій тощо.

На пізньому етапі життєвого циклу (понад 30–40 років) будівлі, як правило, вимагають капітального ремонту або реновації. Високий ступінь зносу може знижувати безпеку експлуатації, а витрати на підтримку нормального технічного стану суттєво зростають. Через це об'єкти нерухомості даного віку мають нижчу ринкову вартість і менш привабливі для інвесторів, якщо не було здійснено реконструкцій або суттєвих оновлень. У деяких випадках технічний стан будівлі може бути критичним, що потребує знесення або повної модернізації.

Таблиця 2.4

Розподіл житлових будівель за технічним станом і віком

Вік будівель, років	Задовільний стан (%)	Потребує капітального ремонту (%)	Аварійний стан (%)
До 10	92,4	6,8	0,8
11–20	82,1	14,3	3,6
21–30	66,7	27,9	5,4
31–40	48,5	39,2	12,3
41–50	31,6	48,7	19,7
Понад 50	17,4	51,1	31,5

Джерело: складено автором

Аналіз технічного стану житлових будівель вторинного ринку в контексті їх життєвого циклу демонструє чітку закономірність деградації конструкцій та систем із плином часу. Відповідно до даних табл. 2.4, найвищий відсоток об'єктів у задовільному технічному стані спостерігається серед будівель віком до 10 років (92,4%). У міру старіння будівлі частка таких будинків суттєво зменшується: серед будівель віком понад 50 років лише 17,4% залишаються у відносно доброму стані, натомість понад 30% уже вважаються аварійними. Це безпосередньо свідчить про поступове проходження будівлею всіх етапів життєвого циклу – від експлуатаційної зрілості до стадії зносу та втрати функціональності.

Таблиця 2.5

Середній термін експлуатації та частота ремонту конструктивних елементів

Конструктивний елемент	Рекомендований термін експлуатації, років	Середній фактичний термін ремонту, років	Частка об'єктів з критичним зносом, %
Покрівля	20	25–29	36,4
Системи водопостачання	25	28–32	39,7
Системи опалення	30	33–37	43,2
Зовнішні стіни	50	52–58	26,1
Фундаменти	70	70–75	11,9

Джерело: складено автором

Деталізуючи вплив віку на стан конкретних конструктивних елементів, табл. 2.5 ілюструє, як різні частини будівлі мають власні граничні терміни служби. Наприклад, покрівля, яка вважається зношеною після 20 років експлуатації, на практиці часто не оновлюється вчасно, що призводить до її подальшої деградації вже через 25–29 років. Аналогічна ситуація спостерігається з інженерними мережами: системи водопостачання та опалення нерідко працюють з перевищенням рекомендованих строків на 5–7 років, через що понад 40% об'єктів мають критичний знос цих елементів. Це є підтвердженням того, що відсутність планового ремонту на середньому етапі життєвого циклу призводить до значного погіршення загального технічного стану будинку.

Таблиця 2.6

Динаміка технічного стану будівель у часовому розрізі (за десятиліттями)

Період забудови	Доброго стану (%)	Задовільного стану (%)	Аварійного стану (%)
1950–1960	12,1	41,8	46,1
1961–1970	18,3	57,4	24,3
1971–1980	23,9	61,2	14,9
1981–1990	33,7	59,8	6,5
1991–2000	52,4	45	2,6
2001–2010	71,8	26,9	1,3
2011–2020	88,5	11,2	0,3

Джерело: складено автором

У свою чергу, табл. 2.6 відображає загальну динаміку погіршення стану будівель, побудованих у різні періоди. Житловий фонд 1950–1970-х років, що перебуває на завершальній фазі життєвого циклу, демонструє найвищі показники аварійності – до 46,1% для найстаріших об'єктів. Натомість будинки, зведені у 2000-х і пізніше, переважно залишаються у доброму стані (88,5% серед будівель 2011–2020 рр.). Цей розподіл корелює з накопиченим зносом конструкцій та обмеженими можливостями модернізації старої забудови. Таким чином, технічний стан будівель є прямим відображенням стадії їх життєвого циклу, що повинно враховуватись при формуванні стратегії оновлення житлового фонду та плануванні вторинного ринку нерухомості.

Таблиця 2.7

Прив'язка індексів цін до життєвого циклу будівлі

Стадія життєвого циклу	Вік будівлі	Тип ринку	Характеристика цінової динаміки
Проектування / Будівництво	0–1 рік	Первинний	Ціни формуються девелопером, поступово зростають
Введення в експлуатацію	1–5 років	Первинний	Стабільний ріст попиту, висока ліквідність
Ранній етап експлуатації	5–20 років	Вторинний	Ціни ростуть повільніше, залежно від стану
Пік експлуатації	20–40 років	Вторинний	Максимальна зношеність — потреба у ремонті
Зниження експлуатаційної привабливості	40+ років	Вторинний	Зниження цін через знос, низький попит

Джерело: складено автором

Табл. 2.7 описує прив'язку індексів цін до різних етапів життєвого циклу будівлі. Вона включає п'ять стадій, кожна з яких має особливості ціноутворення залежно від віку будівлі та типу ринку. На стадії проєктування та будівництва (0–1 рік) ціни формуються девелопером, поступово зростаючи, оскільки це первинний ринок. Після введення будівлі в експлуатацію (1–5 років) спостерігається стабільний ріст попиту і висока ліквідність на первинному ринку, що також веде до зростання цін. На ранньому етапі експлуатації (5–20 років) ціни зростають повільніше через залежність від стану будівлі, а ринок стає вторинним. Пік експлуатації (20–40 років) характеризується максимальною зношеністю будівлі та необхідністю ремонту, що може знижувати привабливість об'єкта. На останньому етапі – зниження експлуатаційної привабливості (40+ років) – ціни значно знижуються через високий рівень зносу та низький попит, що також відповідає вторинному ринку.

Як було зазначено, будівлі на вторинному ринку змінюються впродовж часу через знос та необхідність ремонту, що впливає на їхню привабливість і попит. Чим старша будівля, тим більші витрати на її підтримку та оновлення, що відповідно знижує її експлуатаційну вартість. Технічний стан безпосередньо визначає, наскільки ефективно та економічно вигідно використовувати будівлю, а отже, й змінює її ринкову цінність. Таким чином, життєвий цикл будівлі стає ключовим фактором, що впливає на її експлуатаційну вартість, оскільки він визначає ступінь зносу, потребу в ремонті та оновленні, а також можливість або необхідність реконструкції для підтримання привабливості на ринку.

2.3. Договірне ціноутворення в будівництві як інструмент балансування інтересів учасників на різних етапах життєвого циклу об'єкта

Розгляд динаміки змін технічного стану житлових будівель на вторинному ринку протягом усього життєвого циклу дає змогу зрозуміти, наскільки комплексним та взаємозалежним є процес управління об'єктом нерухомості – від задуму до демонтажу. Життєвий цикл будівлі охоплює цілу низку фаз –

планування, проектування, будівництво, експлуатацію, реконструкцію, модернізацію або демонтаж – і на кожному з цих етапів у процесі беруть участь різні сторони, кожна з яких має свої цілі, можливості й ризики.

Для ефективної взаємодії між учасниками процесу будівництва, таких як замовник, проєктувальник, генпідрядник, субпідрядники, постачальники, експлуатуюча організація тощо, ключовим елементом виступає система договірного ціноутворення. Саме вона дозволяє не лише структурувати фінансові відносини, а й забезпечити прозорість, відповідальність та передбачуваність при реалізації проєкту.

У цьому контексті вкрай важливо розуміти, яким чином формується кошторисна документація та які інструменти використовуються для її розроблення, узгодження та подальшого контролю. Договірна ціна, як результат детального узгодження між сторонами, стає опорною точкою для всього будівельного процесу, а відтак – істотно впливає на ефективність реалізації проєкту в межах визначеного бюджету, термінів та очікуваної якості.

Розгляд підходів до договірного ціноутворення в Україні та порівняння з практиками, що застосовуються в країнах Європи та США, дозволяє виявити як переваги, так і вузькі місця існуючих систем. Це дає підстави для формування висновків щодо шляхів удосконалення вітчизняної практики та її адаптації до сучасних вимог глобального будівельного ринку.

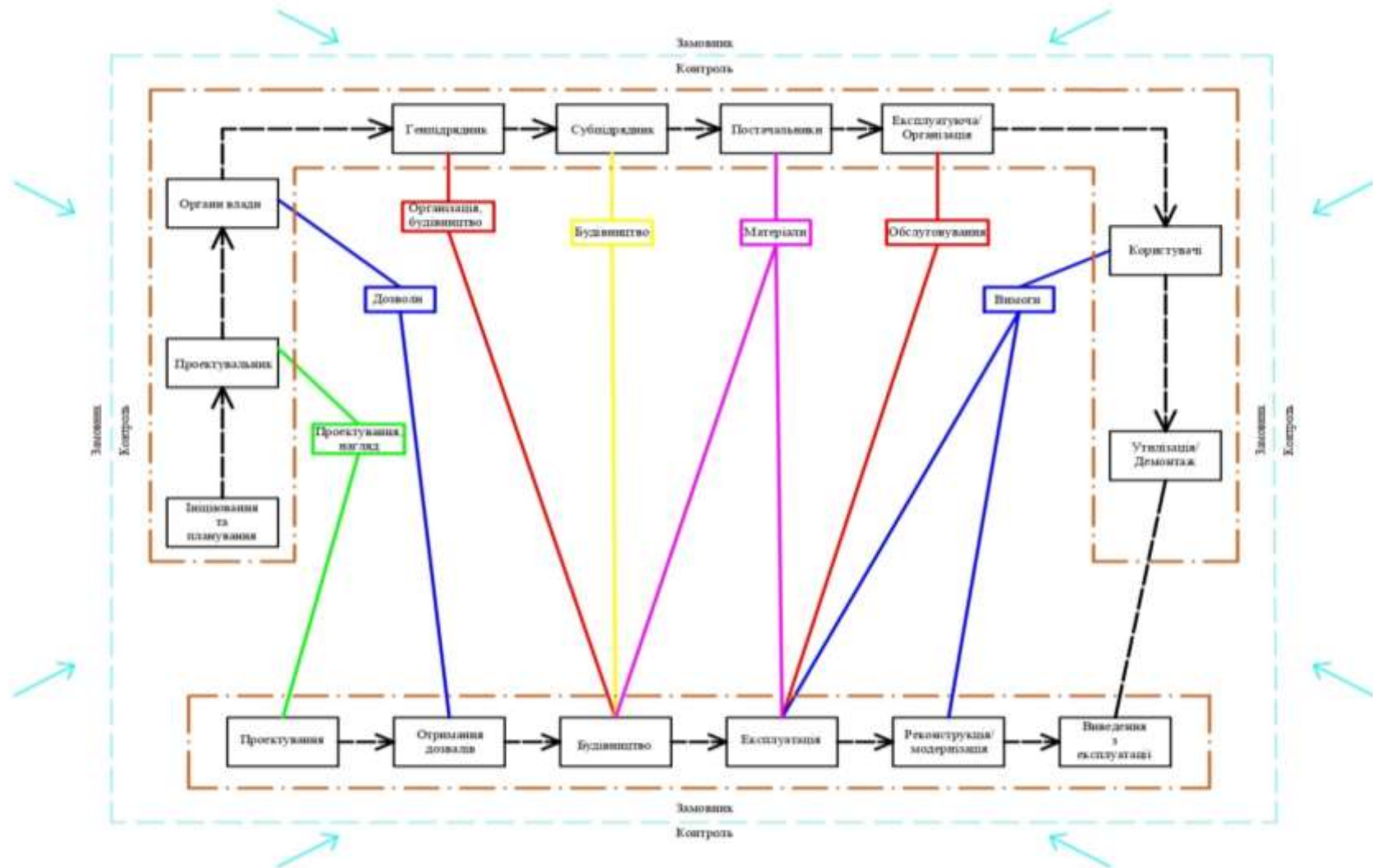


Рис. 2.15. Взаємодія учасників інвестиційно-будівельного процесу на етапах життєвого циклу об'єкта будівництва
Джерело: складено автором

Зображена схема ілюструє взаємозв'язки між учасниками інвестиційно-будівельного процесу та основними етапами життєвого циклу об'єкта будівництва (рис. 2.15). Верхній рівень схеми представляє ключових учасників процесу: Замовника, Проектувальника, Генпідрядника, Субпідрядників, Постачальників, Органи державної влади/місцевого самоврядування, Експлуатуючу організацію, Користувачів та Організації з утилізації/демонтажу. Середній рівень схеми відображає функції та дії, які здійснюються на різних етапах. Стрілки показують, які учасники залучені до виконання певних функцій.

Нижній рівень схеми визначає основні етапи життєвого циклу об'єкта будівництва: Ініціювання та планування, Проектування, Будівництво, Експлуатація, Реконструкція/Модернізація та Виведення з експлуатації.

Таблиця 2.8

Рівень участі стейкхолдерів інвестиційно-будівельного процесу на етапах життєвого циклу об'єкта

Учасники інвестиційно-будівельного процесу	1. Ініціювання та планування	2. Проектування	3. Будівництво	4. Експлуатація	5. Реконструкція/Модернізація	6. Виведення з експлуатації
Замовник (Інвестор)	Активна участь	Участь	Контроль	Контроль	Ініціювання, фінансування, контроль	Активна участь
Проектувальник	Участь (концепція)	Активна участь	Авторський нагляд	Консультації	Активна участь	Активна участь
Генпідрядник (Будівельна організація)	-	-	Активна участь	Виконання робіт з обслуговування (за договором)	Активна участь	Активна участь
Субпідрядники	-	-	Активна участь	Виконання робіт з обслуговування (за договором)	Активна участь	Активна участь
Постачальники	-	Участь	Активна участь	Постачання матеріалів для обслуговування/ремонт у	Активна участь	Активна участь
Органи держ. влади/місц. самоврядування	Участь (погодження)	Участь	Контроль	Контроль	Участь (дозволи, контроль)	Активна участь
Експлуатуюча організація	-	Участь	Участь	Активна участь	Активна участь	Активна участь
Користувачі	Визначення потреби	Участь (вимоги)	-	Активна участь	Участь (вимоги)	Активна участь
Організації з утилізації/демонтажу	-	-	-	-	Участь (залучення)	Активна участь

Джерело: складено автором

Табл. 2.8 детально ілюструє операційну залученість різних учасників на кожній стадії життєвого циклу будівельного об'єкта. Від ініціювання та проектування до безпосереднього будівництва, експлуатації, реконструкції/модернізації та остаточного виведення з експлуатації, таблиця наочно демонструє міру активності кожного стейкхолдера. Це дозволяє чітко зрозуміти, хто саме і на якому етапі відіграє ключову роль, здійснює контрольні функції або бере участь у розробці концепцій та виконанні робіт..

На відміну від цього, табл. 2.9, яка розглядає "Можливості та ризики учасників інвестиційно-будівельного процесу", пропонує стратегічний погляд на діяльність кожного стейкхолдера. Незалежно від конкретного етапу життєвого циклу, ця таблиця аналізує потенційні вигоди, на які можуть розраховувати учасники, а також ті негативні наслідки та загрози, з якими вони можуть зіткнутися в процесі реалізації проєкту.

Таким чином, якщо перша таблиця описує операційну участь на різних стадіях, то друга таблиця аналізує стратегічні аспекти діяльності кожного учасника, пов'язані з отриманням вигоди та управлінням потенційними втратами протягом усього інвестиційно-будівельного процесу.

Таблиця 2.9

Можливості та ризики учасників інвестиційно-будівельного процесу

Учасник	Можливості	Ризики
Замовник (Інвестор)	Реалізація інвестзадуму, прибуток, створення активу, задоволення потреб, вплив на якість, застосування інновацій, покращення іміджу.	Недостатнє фінансування, зростання вартості будівництва, затримки, низька якість, проблеми з дозволами, зміна ринку, проблеми експлуатації, непередбачувані обставини, ризики, пов'язані з іншими учасниками.
Проектувальник	Прибуток, реалізація творчого потенціалу, участь у значущих проєктах, напрацювання портфолію, встановлення відносин, застосування BIM.	Нечітке ТЗ, помилки в документації, неузгодженість рішень, затримки погоджень, зміна вимог, несвоєчасна оплата, ризики, пов'язані з неякісними вихідними даними.
Генпідрядник (Будівельна організація)	Прибуток, розширення портфелю, підвищення репутації, встановлення відносин, впровадження нових технологій, участь у великих проєктах.	Недостатнє фінансування, зростання цін на матеріали, затримки поставок, низька якість проєктної документації, неякісна робота субпідрядників, недотримання термінів, виробничі травми, проблеми з логістикою, погодні ризики, судові позови.

Продовження табл. 2.9

Учасник	Можливості	Ризики
Субпідрядники	Прибуток за спеціалізовані роботи, напрацювання досвіду, встановлення відносин, спеціалізація.	Залежність від графіка та фінансування генпідрядника, несвоєчасна оплата, низькі ціни, недостатній обсяг робіт, ризики, пов'язані з іншими виконавцями, необхідність адаптації.
Постачальники	Розширення ринку збуту, збільшення продажів, встановлення довгострокових відносин, просування нових матеріалів.	Несвоєчасна оплата, зміна попиту, проблеми з логістикою, ризики, пов'язані з якістю продукції, конкуренція.
Органи держ. влади/місц. самоврядування	Контроль за законодавством, забезпечення безпеки та якості, наповнення бюджетів, реалізація містобудівної політики.	Корупція, недосконалість законодавства, недостатність ресурсів для контролю, затягування видачі дозволів, судові позови.
Експлуатуюча організація	Прибуток від управління та обслуговування, забезпечення комфорту користувачів, збереження/підвищення вартості об'єкта, впровадження енергоефективності.	Високі експлуатаційні витрати, низька якість будівництва, невдоволення користувачів, проблеми з оплатою комунальних послуг, аварійні ситуації.
Користувачі	Задоволення потреб у приміщеннях, комфортне та безпечне проживання/ведення бізнесу, отримання якісних послуг.	Низька якість будівництва, високі комунальні платежі, неякісне обслуговування, проблеми з інфраструктурою, юридичні ризики.
Організації з утилізації/демонтажу	Прибуток від демонтажу та утилізації, розвиток технологій у сфері утилізації.	Зміни в законодавстві, низькі ціни на вторинну сировину, небезпека робіт, екологічні ризики.

Джерело: складено автором на основі [130-131]

Саме через цю складну мережу взаємодії та взаємних інтересів між різними учасниками інвестиційно-будівельного процесу виникає об'єктивна необхідність у чіткому врегулюванні їхніх відносин [132]. В Україні основою такої регуляції виступає система договірних відносин у сфері будівництва, яка характеризується чіткою регламентацією процесу кошторисного ціноутворення. Цей процес є ключовим елементом взаємодії між замовниками, які ініціюють проєкт і несуть основні фінансові ризики, та підрядниками, які безпосередньо виконують будівельні роботи. Усталена практика передбачає складання детальних кошторисів на основі класифікації будівельних робіт за їхніми видами, такими як земляні, опоряджувальні, бетонні та інші. Склад цих робіт, а також потреба у необхідних ресурсах для їхнього виконання, чітко визначаються нормативними

документами, зокрема Кошторисними нормами України (КНУ) "Настанова з визначення вартості будівництва" та Кошторисними нормами України "Ресурсні елементні кошторисні норми" (РЕКН). Застосування зазначених нормативів є обов'язковим при здійсненні державних закупівель у будівельній сфері, що забезпечує стандартизацію підходів до ціноутворення та підвищує рівень прозорості у публічному секторі. Таким чином, саме через механізм договірної ціноутворення відбувається формалізація відносин між учасниками, визначення їхніх прав та обов'язків, а також встановлення фінансових параметрів реалізації будівельного проєкту.

На етапі підготовки до будівництва, проєктувальник, діючи на замовлення забудовника, розробляє максимально деталізовану кошторисну документацію. Цей документ містить перелік усіх необхідних робіт у розрізі кожного конструктивного елементу майбутньої споруди, що дозволяє отримати вичерпне уявлення про майбутні витрати.

У процесі проведення тендеру, потенційні підрядники формують свої конкурсні пропозиції, які включають власні, деталізовані кошториси. Ці кошториси мають максимально відповідати кошторисній документації, наданій замовником, забезпечуючи порівнянність комерційних пропозицій.

Наступним етапом є укладення договору підряду, в якому сторони досягають згоди щодо максимально деталізованого кошторису, що фіксується як договірна ціна. Ця ціна є визначальною протягом усього періоду будівництва, а відхилення від неї, як правило, не допускаються, що підкреслює важливість ретельного опрацювання кошторисної документації на початкових етапах. Замовник, відповідно до умов договору, несе відповідальність за виконання всього обсягу робіт та використання всіх ресурсів, передбачених у погодженій договірній ціні, яка є, по суті, максимально деталізованим кошторисом [133].

З метою оптимізації та автоматизації процесів кошторисного ціноутворення в Україні широко використовуються спеціалізовані програмні комплекси (кошторисні ПК). Основний функціонал цих систем спрямований на автоматизацію складання ключових кошторисних документів, включаючи:

Інвесторську кошторисну документацію: призначену для замовника будівництва з метою обґрунтування інвестицій та визначення очікуваної вартості проекту.

Договірну ціну: деталізований кошторис, що є невід'ємною частиною договору підряду та визначає взаємні фінансові зобов'язання сторін.

Акти виконаних будівельних робіт: первинні облікові документи, що відображають фактично виконані роботи та використані ресурси з максимальною деталізацією, необхідною для контролю та взаєморозрахунків.

Окрім основного функціоналу, сучасні кошторисні ПК пропонують низку додаткових можливостей, що розширюють їхню практичну цінність для учасників будівельного процесу:

Розрахунок вартості проєктних робіт: включаючи визначення вартості на основі нормативних документів та врахування класу наслідків (відповідальності) об'єкта будівництва.

Календарне планування будівництва: інструменти для розробки графіків виконання робіт, оптимізації термінів та контролю за їхнім дотриманням.

Створення укрупнених кошторисних норм: можливість формування агрегованих норм на окремі конструктиви шляхом групування ресурсних елементних кошторисних норм (РЕКН), що може бути корисним на ранніх стадіях проєктування та для попереднього оцінювання вартості.

Інформаційна підтримка щодо ринкових цін на будівельні матеріали: надання актуальної інформації про вартість основних будівельних ресурсів, що сприяє більш точному ціноутворенню.

Стандартні бази даних, що використовуються в кошторисних ПК, містять широкий спектр нормативно-довідкової інформації, необхідної для складання кошторисів:

Довідники КНУ та КНУ РЕКН: повний перелік чинних кошторисних норм та правил.

Загальнонаціональні довідники будівельних матеріалів: інформація про найменування, технічні характеристики та середні ринкові ціни будівельних матеріалів.

Загальнонаціональні довідники будівельних машин і механізмів: перелік будівельної техніки з вказівкою норм її експлуатації та вартості машино-години.

Показники для розрахунку кошторисної заробітної плати: нормативи, що використовуються замовником для визначення розміру заробітної плати робітників при складанні інвесторської кошторисної документації.

Показники для розрахунку очікуваного розміру накладних витрат підрядника: нормативи, що враховуються при визначенні загальновиробничих та адміністративних витрат підрядної організації.

Поправочні коефіцієнти: набір коефіцієнтів, що дозволяють враховувати специфічні умови виконання будівельних робіт (наприклад, складність, стиснені терміни, особливі кліматичні умови).

У країнах Європи та Сполучених Штатів Америки договірні відносини у будівельній сфері характеризуються гнучким підходом до кошторисного ціноутворення, що залежить від типу контракту, стадії реалізації проєкту та специфіки інформаційних баз, які використовуються. На відміну від уніфікованих систем, тут застосовуються різноманітні методи складання кошторисів, включаючи аналіз об'єктів-аналогів, оцінку за функціональними системами, елементні кошториси та деталізовані розрахунки. Кошторисна документація розробляється з кількома ключовими цілями: визначення та погодження загального бюджету проєкту, порівняння отриманих тендерних пропозицій від потенційних підрядників, а також підтвердження відповідності проєктних рішень фінансовим очікуванням інвестора.

Організація робіт у кошторисах відбувається відповідно до технологічної послідовності зведення окремих частин будівлі або споруди, охоплюючи різні конструктиви та інженерні системи. До таких конструктивів можуть належати фундаменти, зовнішні стіни, системи водопостачання та інші елементи, що відображають структурну та функціональну організацію об'єкта.

На початкових етапах проєкту замовник будівництва, як правило, розробляє кошторисну документацію, що містить очікувану вартість основних конструктивів без деталізації до окремих видів робіт. Цей документ слугує орієнтиром для визначення загального бюджету проєкту.

У свою чергу, підрядник, готуючи тендерну пропозицію, складає максимально деталізований кошторис. Основна мета цього кошторису полягає в тому, щоб забезпечити реалізацію закладених у проєкті рішень у встановлені терміни та в межах визначеного замовником бюджету. Зміст тендерної пропозиції підрядника безпосередньо залежить від типу контракту, запропонованого замовником (наприклад, фіксована ціна, "витрати плюс відсоток" тощо).

Ключовим документом, що регулює цінові аспекти будівельного процесу, є відомість обсягів робіт (Bill of Quantities, BoQ), яка узгоджується сторонами в рамках будівельного контракту. Ступінь деталізації BoQ варіюється залежно від обраного типу контракту, що відображає різний рівень розподілу ризиків та відповідальності між замовником і підрядником.

Протягом будівельних робіт сторони керуються умовами укладеного контракту та затвердженою проєктною документацією. Відхилення від цих документів, як правило, не допускаються, що підкреслює важливість ретельного планування та документування на попередніх етапах.

Для оптимізації та підвищення ефективності процесів кошторисного ціноутворення в Європі та США широко використовуються спеціалізовані програмні комплекси (кошторисні ПК). Їхній функціонал охоплює різні групи користувачів. З боку замовника такі системи забезпечують автоматизований підрахунок обсягів робіт (TakeOff) на основі цифрових креслень, що підвищує точність визначення потреб у матеріалах і бюджетування [110].

Також кошторисні ПК дають змогу формувати кошторисні розрахунки та відомості обсягів робіт (BoQ) з урахуванням специфіки стадії проєктування. Окремі модулі дозволяють перевіряти, оцінювати та порівнювати тендерні пропозиції підрядників із попередньо розрахованою вартістю, що сприяє вибору найбільш економічно доцільного варіанта.

Для підрядників ці системи також надають функції TakeOff для точного підрахунку обсягів робіт за проектною документацією з метою підготовки обґрунтованої тендерної пропозиції. Додатково реалізовано модулі автоматичного формування кошторисної документації та тендерних заявок, включаючи деталізовані BoQ.

До загального функціоналу кошторисних ПК належать засоби відстеження ходу будівництва через інформаційні панелі (BI-аналітика), що візуалізують ключові показники проєкту, як-от вартість, терміни виконання та обсяги робіт. Інтеграція кошторису з системами фінансового моніторингу дозволяє здійснювати комплексний контроль фінансового стану проєкту. Також доступна інформаційна підтримка щодо актуальних цін на будівельні матеріали, оплату праці, вартість обладнання та конструктивних рішень.

Крім основних функцій, кошторисні ПК часто мають модулі календарного планування, які забезпечують інтеграцію кошторисних даних з графіками виконання робіт для комплексного управління проєктом. Для підвищення точності та обґрунтованості розрахунків у системах використовуються стандартні бази даних, що включають довідники об'єктів-аналогів (із вартісними та технічними характеристиками збудованих проєктів), середню вартість конструктивних елементів, ринкові ціни на матеріали, працю та обладнання, ставки оплати праці за спеціальностями, а також регіональні поправочні коефіцієнти.

Сучасною тенденцією є тісна взаємодія кошторисних ПК із BIM (Building Information Modeling) моделями, що дозволяє забезпечити точне узгодження обсягів, графіків і кошторисів на основі єдиного цифрового інформаційного середовища. Такий підхід поступово впроваджується і в Україні, сприяючи інтеграції в міжнародну практику управління будівництвом.

Взаємодія між кошторисними ПК та BIM-моделями зазвичай здійснюється через такі механізми:

Імпорт даних з BIM-моделі: Кошторисні ПК можуть імпортувати геометричні та інформаційні дані безпосередньо з BIM-моделей. Це дозволяє

автоматично отримувати інформацію про розміри, об'єми, матеріали та інші характеристики елементів будівлі.

Експорт кошторисних даних до BIM-моделі: Деякі системи дозволяють прив'язувати кошторисні дані (ціни, вартість робіт тощо) безпосередньо до елементів BIM-моделі. Це створює так звану 5D BIM, де 3D модель містить інформацію про геометрію, 4D – про час (графік виконання), а 5D – про вартість.

Використання відкритих форматів даних (наприклад, IFC): Формат IFC (Industry Foundation Classes) є відкритим стандартом для обміну даними між різними BIM-програмами. Кошторисні ПК, що підтримують IFC, можуть отримувати інформацію з BIM-моделей, створених у різних BIM-авторингових інструментах (Revit, ArchiCAD, Tekla Structures тощо).

Плагіни та інтеграції: Розробники кошторисних ПК часто створюють спеціальні плагіни або прямі інтеграції з популярними BIM-платформами для спрощення обміну даними.

Автоматизоване зняття обсягів робіт (Quantity Takeoff): Однією з ключових переваг інтеграції є можливість автоматичного визначення необхідних обсягів матеріалів та робіт безпосередньо з BIM-моделі, що значно зменшує ручну працю та ймовірність помилок.

Параметричне кошторисування: Вартість може бути прив'язана до параметрів елементів BIM-моделі. При зміні розмірів чи характеристик елемента, кошторисна вартість автоматично перераховується.

Переваги взаємодії кошторисних ПК з BIM-моделями:

- підвищення точності кошторисів. Автоматичне отримання даних з моделі зменшує ризик помилок при ручному вимірюванні та підрахунку;
- економія часу. Автоматизація процесу зняття обсягів робіт значно прискорює складання кошторисів;
- покращення співпраці. Спільне використання BIM-моделі та кошторисних даних полегшує комунікацію та координацію між різними учасниками проєкту (архітектори, інженери, кошторисники, підрядники);

- можливість аналізу варіантів. Швидке оновлення кошторисів при внесенні змін до BIM-моделі дозволяє легко аналізувати різні проєктні рішення з точки зору їхньої вартості;

- кращий контроль бюджету. Інтеграція дозволяє відстежувати вартість проєкту на всіх етапах життєвого циклу будівлі.

В Україні інтеграція кошторисних ПК з BIM-технологіями перебуває на етапі розвитку, але вже є певні зрушення:

- 1) деякі українські кошторисні ПК. Розробники деяких популярних українських кошторисних ПК (наприклад, "Будівельні Технології: КОШТОРИС 8") заявляють про можливість інтеграції з BIM-моделями або розглядають таку можливість у майбутніх версіях;

- 2) використання міжнародних рішень. Українські компанії, що працюють за міжнародними стандартами або беруть участь у міжнародних проєктах, можуть використовувати міжнародні кошторисні ПК, які мають розвинену підтримку BIM (наприклад, CostX, RIB iTWO).

- 3) потреба у стандартах та навчанні. Для ширшого впровадження BIM-кошторисування в Україні необхідна розробка відповідних стандартів обміну даними та навчання фахівців.

Кошторисні програмні комплекси (ПК) відіграють ключову роль у процесі реалізації будівельних проєктів, забезпечуючи ефективне фінансове планування, контроль витрат і обґрунтування інвестицій на всіх етапах життєвого циклу об'єкта – від ініціювання до виведення з експлуатації.

На етапі ініціювання та планування кошторисні ПК використовуються для попереднього оцінювання вартості. В Україні ці системи дозволяють складати концептуальні кошториси на основі укрупнених показників або аналогів, що дає змогу оцінити загальну вартість проєкту і визначити його інвестиційну доцільність. У країнах Європи, Великобританії та США програмне забезпечення підтримує використання даних об'єктів-аналогів, функціонального кошторисування та укрупнених бюджетних моделей, що допомагає формувати первинний бюджет проєкту з урахуванням міжнародної практики.

На етапі проєктування кошторисні ПК забезпечують складання детальної інвесторської кошторисної документації. В Україні для цього широко застосовуються системи АВК-5, Кошторис 8, які відповідають вимогам ДСТУ та враховують усі види робіт і ресурсів. У європейській та американській практиці на цьому етапі кошторисна документація базується на очікуваній вартості конструктивних елементів без надмірної деталізації, однак можливе використання інструментів Takeoff для обчислення обсягів за кресленнями. Крім того, існують спеціалізовані програми (наприклад, АС-4 ПВР+, Кошторис ПВР), що дозволяють окремо розраховувати вартість саме проєктних робіт, враховуючи кваліфікацію персоналу, складність технічних рішень тощо.

На етапі отримання дозволів на будівництво наявність детального кошторису, створеного в кошторисному ПК, часто є обов'язковою умовою для підтвердження фінансової спроможності замовника реалізувати проєкт. Це стосується як українських реалій, так і міжнародної практики.

Під час етапу будівництва програмні комплекси застосовуються як підрядниками, так і замовниками. В Україні підрядники формують тендерні пропозиції на основі інвесторської документації, використовуючи ПК для максимальної деталізації. Аналогічно, у Великобританії, Європі та США кошторисна документація підрядника базується на проєктних даних і BoQ (Bill of Quantities), формуючи обґрунтовану тендерну ціну. Узгоджений кошторис стає основою для договірної ціни (контракту). Протягом виконання робіт кошторисні ПК дозволяють оформлювати акти виконаних робіт (наприклад, КБ-2в, КБ-3 в Україні), вести облік витрачених ресурсів та забезпечують прозорі взаєморозрахунки між сторонами. У міжнародній практиці ці системи також виконують функції моніторингу фактичних витрат, аналізу відхилень від бюджету та формування фінансової звітності. У розвинених країнах програмне забезпечення часто інтегрується з аналітичними BI-системами та дашбордами, що дозволяє оперативно реагувати на відхилення.

На етапі експлуатації хоча кошторисні ПК і не є основним інструментом, збережені в них дані можуть бути корисними для аналізу експлуатаційних витрат,

планування технічного обслуговування чи ремонту об'єкта. Це особливо актуально для об'єктів з великим життєвим циклом, де точність попередніх розрахунків прямо впливає на ефективність експлуатації.

На етапі виведення з експлуатації або демонтажу об'єкта кошторисні системи використовуються для розрахунку вартості демонтажних робіт, включаючи оцінку витрат на утилізацію матеріалів та залучення техніки.

Важливо також відзначити, що на етапах проєктування та будівництва все більше поширення набуває інтеграція кошторисних ПК з BIM-моделями. На етапі проєктування автоматизоване зняття обсягів робіт із BIM-моделі значно прискорює процес складання кошторисів і забезпечує точність розрахунків. У фазі будівництва використання 5D BIM дозволяє візуально поєднувати обсяги робіт з фінансовими даними, що полегшує контроль бюджету, відстеження виконання та управління змінами в проєкті.

Таким чином, кошторисні програмні комплекси є невід'ємним інструментом управління будівництвом, що сприяє ефективному використанню ресурсів, підвищенню прозорості фінансових процесів і забезпеченню контролю над кожним етапом реалізації будівельного проєкту.

2.4. Розробка індикаторів знецінення житлового фонду на основі оновленої періодизації та функціонального зносу

Аналізуючи положення нормативного документа СОУ ЖКГ 75.11-35077234.0016:2009 [136], встановлено, що чинна методика визначення інвентарної вартості житлових будівель недооцінює вплив дати введення об'єкта в експлуатацію. Це призводить до методологічного викривлення при оцінці функціонального зносу, особливо в умовах ринку вторинної нерухомості.

Аналіз ринку вторинної житлової нерухомості виявив суттєву негативну тенденцію, яка полягає в тому, що середня ринкова ціна 1 м² житла у більшості об'єктів суттєво поступається середній вартості спорудження нового житла на дату дослідження.

Однією з головних причин такого дисбалансу є застарілість житлового фонду, що підтверджується значною часткою будинків, введених в експлуатацію десятки років тому. Ці будинки мають високий рівень фізичного та функціонального зносу, що безпосередньо впливає на їх ринкову привабливість та вартість. Існуючі підходи до оцінки зносу не враховують зміни ринкової кон'юнктури та морально-функціонального старіння. Рік побудови фігурує лише як допоміжний параметр, без урахування того, що будівлі з однаковими фізичними характеристиками, але різним віком, мають суттєво відмінну ринкову цінність.

Зазначене питання має бути критично переосмислене в контексті застосування методики визначення інвентарної вартості відповідно до СОУ ЖГГ 75.11-35077234.0016:2009. У чинній редакції документа недостатньо враховано фактор дати введення об'єкта в експлуатацію, хоча саме цей параметр є ключовим при визначенні рівня зносу об'єкта. Така ситуація призводить до методологічного викривлення оцінки відтворюваної вартості, особливо в умовах глибокої амортизації та застарілості основного фонду.

Отже, існує необхідність перегляду положень СОУ, із обов'язковим врахуванням не лише технічних характеристик, а й хронологічного аспекту експлуатації будівель, як важливого чинника функціонального зносу.

У контексті перегляду методичних підходів до оцінки знецінення житлового фонду надзвичайно важливим є критичне переосмислення чинної таблиці коефіцієнтів знецінення (табл. 2.10), наведеної у СОУ ЖКГ 75.11-35077234.0016:2009.

Коефіцієнти знецінення об'єктів оцінки залежно від періоду введення в експлуатацію ([136], табл. 13)

Період введення об'єктів в експлуатацію	Коефіцієнт знецінення
до 1984 року	0,46
у 1984–1990 роках	0,57
у 1991–1995 роках	0,54
у 1996–1997 роках	0,7
у 1998–2002 роках	0,81
у 2003–2006 роках	0,98

Як показано в таблиці 2.10, коефіцієнти знецінення житлового фонду змінюються залежно від періоду введення об'єктів в експлуатацію: найнижчі значення спостерігаються для будівель, зведених до 1984 року, натомість у пізніші періоди спостерігається поступове зростання цього показника. Для наочнішого сприйняття та аналізу тенденцій знецінення побудовано графік (рис. 2.16), який відображає динаміку зміни коефіцієнтів у часі відповідно до джерела [136].

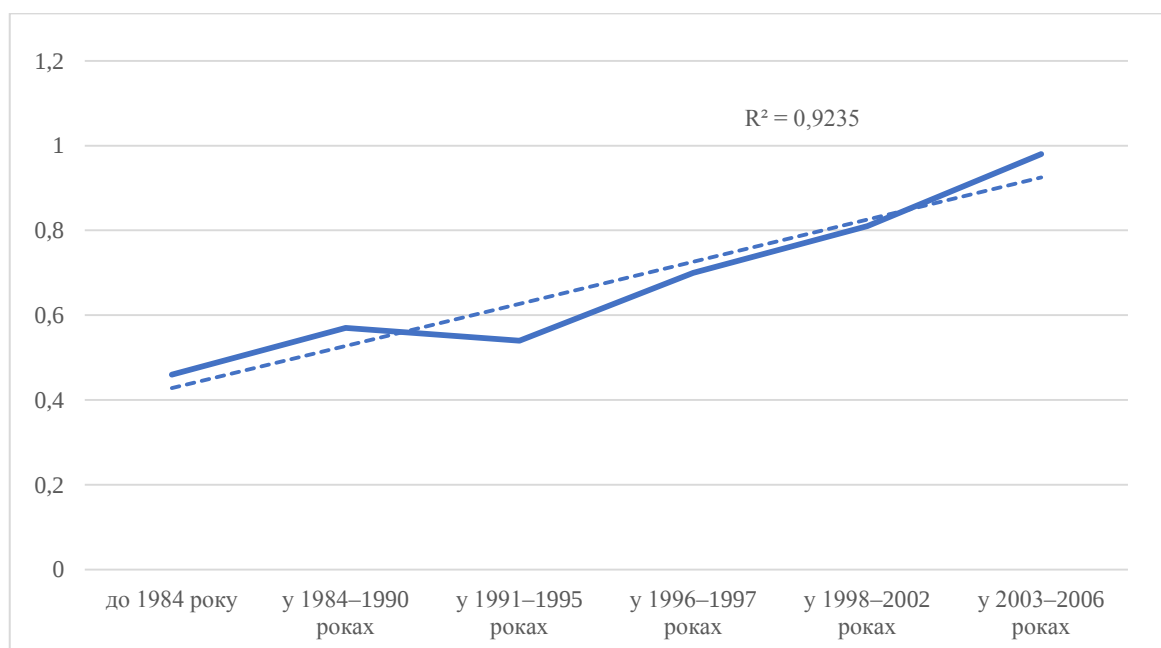


Рис. 2.16. Динаміка зміни коефіцієнтів знецінення житлового фонду за періодами введення в експлуатацію згідно [136]

На рис. 2.18 відображено зростання коефіцієнтів знецінення відповідно до періоду введення об'єктів у експлуатацію згідно з табл. 2.10. Очевидною є позитивна тенденція: чим новіший об'єкт, тим вищий його коефіцієнт, що логічно пояснюється меншим рівнем фізичного та функціонального зносу.

Найнижче значення (0,46) зафіксовано для будівель, введених до 1984 року, а найвище (0,98) – для об'єктів 2003–2006 років. $R^2=0,9235$, що свідчить про високу кореляцію між хронологічним віком будівель та їх знеціненням за нормативною шкалою.

Варто зауважити відхилення в середині ряду – зокрема, для періоду 1984–1990 рр. коефіцієнт дещо вищий, ніж для наступного періоду 1991–1995 рр., що пов'язано з якісними особливостями будівництва радянського зразка. Це підтверджує необхідність модернізації методики, яка б враховувала не лише вік об'єкта, а й його технічний стан та ринкову ситуацію.

Зокрема, у табл. 2.10 зазначено фіксовані коефіцієнти залежно від періоду введення об'єкта в експлуатацію. При цьому коефіцієнт для періоду 1984–1990 рр. (0,57) виявляється дещо вищим, ніж для наступного періоду 1991–1995 рр. (0,54), попри більший вік перших будівель. Це на перший погляд суперечить логіці знецінення з віком, однак може бути пояснено кращими технічними характеристиками будівель радянського періоду, стабільністю технологій та якісними серіями житла, що зводились централізовано й контролювано. У свою чергу, житло початку 1990-х років будувалося в умовах економічного спаду, політичної нестабільності, дефіциту матеріалів і фактичної втрати державного технічного контролю, що негативно вплинуло на його капітальність і довговічність. Таким чином, методичне знецінення у чинному СОУ відображає не лише хронологічну періодизацію, а й якісний контекст будівництва, що не завжди корелює лінійно з віком.

Однак за умов сучасного ринку, фіксовані коефіцієнти потребують заміни на більш гнучку та актуальну модель. Пропонується формалізувати динамічний коефіцієнт знецінення житла за допомогою експоненційної функції, яка враховує як вік об'єкта, так і його технічний стан. Це дозволяє створити адаптивний

інструмент оцінювання, що корисний як для індивідуального аналізу, так і для масового застосування в кадастрових або муніципальних системах обліку.

Математична модель має вигляд:

$$K_{\text{new}} = e^{-aT} \cdot S \quad (2.1)$$

де T – вік будівлі у роках (наприклад, 5, 10, 20, 40), S – коефіцієнт технічного стану (від 0,5 – задовільний, до 1,0 – ідеальний), a – коефіцієнт морального старіння (приймається 0,030).

Така формула дозволяє варіювати коефіцієнт знецінення у залежності від реального стану об'єкта, що значно підвищує точність ринкової оцінки.

Таблиця 2.11

Орієнтовні значення коефіцієнта знецінення K_{new} залежно від віку та технічного стану будівлі (при $a=0,03$)

Вік будівлі, років (T)	$S=1,0$ (відмінний стан)	$S=0,9$ (добрий стан)	$S=0,7$ (середній стан)	$S=0,5$ (задовільний стан)
5	0,86	0,77	0,6	0,43
10	0,74	0,67	0,52	0,37
20	0,55	0,5	0,39	0,27
40	0,3	0,27	0,21	0,14

Джерело: складено автором

Як видно з табл. 2.11, значення коефіцієнта знецінення K_{new} суттєво змінюється залежно від віку будівлі та її технічного стану. Зі зростанням віку об'єкта коефіцієнт поступово зменшується, причому темпи зниження є більш стрімкими для будівель у гіршому технічному стані. Для візуалізації характеру цієї залежності побудовано графік (рис. 2.17), який ілюструє, як саме змінюється рівень знецінення в розрізі вікових груп для кожного рівня технічного стану.

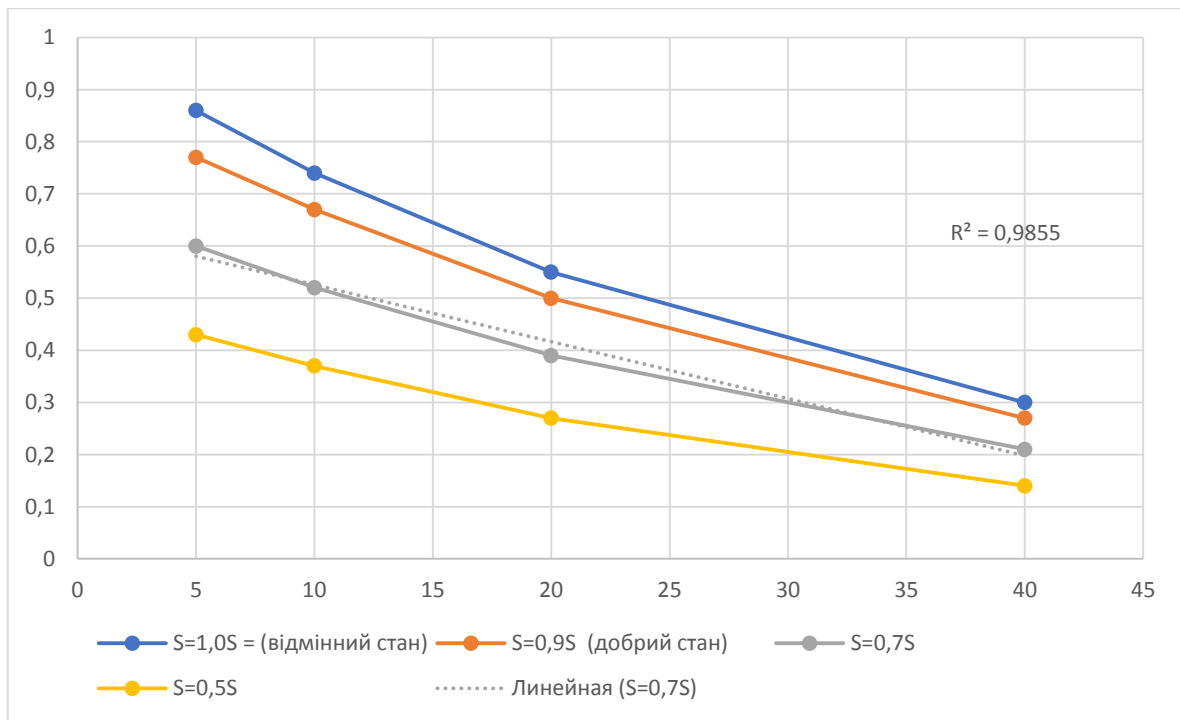


Рис. 2.17. Залежність коефіцієнта знецінення K_{new} від віку будівлі за різного технічного стану

Джерело: складено автором

На рис. 2.19 зображено результати розрахунків за експоненційною моделлю знецінення K_{new} при $a=0,03$ і чотирьох варіантах технічного стану будівлі S :

- $S = 1,0$ — відмінний стан,
- $S = 0,9$ — добрий стан,
- $S = 0,7$ — середній стан,
- $S = 0,5$ — задовільний стан.

Графік демонструє експоненційне зниження коефіцієнта знецінення зі зростанням віку об'єкта від 5 до 40 років. Криві мають класичну форму згасання й підтверджують логіку, за якої навіть за доброго технічного стану ринкова вартість будівлі зменшується через моральне старіння.

Особливо важливою є лінійна апроксимація для кривої при $S = 0,7$, що дозволяє оцінити середній темп знецінення за умовно базового технічного стану. Коефіцієнт детермінації $R^2=0,9855$ свідчить про високу якість апроксимації, тобто модель добре описує спостережувану динаміку.

За даними рис. 2.19 можна зробити такі висновки:

- Молоді об'єкти (5–10 років) зберігають високий рівень цінності незалежно від стану.
- Об'єкти віком понад 20 років суттєво втрачають ринкову вартість, особливо за середнього і задовільного стану.
- Вплив стану будівлі є значущим: різниця в K_{new} між об'єктами того самого віку, але різного стану, досягає 0,2–0,3.

Такий підхід дозволяє впровадити динамічну, багатофакторну модель оцінки з урахуванням віку та технічного стану, на відміну від фіксованих коефіцієнтів у нормативних методиках.

Представлена модель (2.1) та табл. 2.11 демонструють можливість персоналізованої оцінки рівня знецінення, в якій віковий фактор доповнюється технічним станом. Це дозволяє уникнути перекосів, подібних до ситуації з періодом 1984–1990 рр., та сприяє прийняттю обґрунтованих управлінських рішень щодо реконструкції, санації або демонтажу житлових об'єктів.

Втім, періодизація на основі року вводу об'єкта в експлуатацію варта прискіпливої уваги для вирішення питань економічної оцінки проведення чи не проведення реконструкції, а також обґрунтування ринкової цінності об'єкта. Цей показник ми пропонуємо визначати як співвідношення між оціночною вартістю квадратного метра існуючої будівлі та усередненим показником вартості будівництва нового.

Таблиця 2.12

Корисність показника співвідношення оціночної вартості 1 м² існуючої будівлі до вартості будівництва нового об'єкта

Аспект застосування	Пояснення / Користь
1. Економічна доцільність реконструкції	Дозволяє оцінити, чи вигідніше реконструювати будівлю, чи збудувати нову. Показник $< 0.5 \rightarrow$ нове будівництво вигідніше.
2. Обґрунтування ринкової вартості об'єкта	Сприяє об'єктивній оцінці стану об'єкта на ринку; показує, наскільки об'єкт знецінився з часом.

Аспект застосування	Пояснення / Користь
3. Рациональна періодизація за віком	Дозволяє не просто орієнтуватися на рік введення в експлуатацію, а враховувати реальну втрату вартості.
4. Інструмент для інвесторів і девелоперів	Полегшує прийняття рішень щодо інвестицій; мінімізує ризики вкладень у застарілий чи нерентабельний об'єкт.
5. Планування міського розвитку	Допомагає формувати карти зношення забудови, планувати санацію, реконструкцію або реновацію територій.

Джерело: складено автором

Основним недоліком ринку вторинної нерухомості є те, що вартість квадратного метра більшості житлових будинків значно нижча за середню вартість будівництва нового житла на момент дослідження. Однією з причин цього є застарілий житловий фонд.

Для вирішення питань економічної оцінки реконструкції та обґрунтування ринкової цінності об'єкта важливе значення має періодизація, заснована на році введення об'єкта в експлуатацію. Цей показник пропонується визначати як співвідношення між оціночною вартістю квадратного метра існуючої будівлі та середньою вартістю будівництва нового. Ринкова цінність об'єкта буде більшою за одиницю (або 100% у відсотковому вимірі). Вона залежить не тільки від стадії життєвого циклу, а й від якості будівлі, що відповідає класу її капітальності. Поєднання віку та якості будівлі дає найпростіший набір факторів її ринкової цінності. Альтернативним варіантом факторів зміни ринкової вартості будинків є визначення якості будівлі не за матеріалом стін, закладеним на стадії проєктування, а за технічним станом приміщень.

При оцінці ринкової цінності будівлі необхідно враховувати численні фактори, не всі з яких визначаються власниками будівлі. Доцільність заходів щодо покращення технічного стану визначається їх впливом на зміну ринкової вартості. Відомо, що будь-який знос, як фізичний, так і функціональний, можна усунути технічно, незалежно від його кількісної величини. Однак це не завжди відбувається через економічну доцільність. Розповсюджена думка [137], що

усунути знос, розміром понад 60%, жодним чином не вигідно, оскільки понесені при цьому витрати будуть меншими, аніж приріст вартості відремонтованої нерухомості. Для кількісного обґрунтування доцільності технічного втручання доцільно враховувати граничну ефективність інвестицій у покращення технічного стану. Формально доцільність ремонту можна оцінити через коефіцієнт приросту ринкової вартості на одиницю витрат, що задається формулою:

$$\eta = \Delta V / C_r \quad (2.2)$$

де η – ефективність ремонтного втручання, $\Delta V = V_{\text{після}} - V_{\text{до}}$ – приріст ринкової вартості об'єкта внаслідок покращення стану, C_r – витрати на ремонт.

У разі, якщо $\eta < 1$, економічне втручання втрачає сенс, оскільки витрати перевищують потенційний приріст вартості. На практиці вважається, що усунення понад 60% фізичного чи функціонального зносу є невиправданим, що можна підтвердити обчисленням:

$$\Delta V = K_{\text{new після}} \cdot V_{\text{нове}} - K_{\text{new до}} \cdot V_{\text{нове}} \quad (2.3)$$

Таким чином, межа доцільності ремонту може бути визначена не лише на інтуїтивному рівні, а через модельну залежність знецінення K_{new} від технічного стану S , віку T та вартості нової споруди $V_{\text{нове}}$.

Для побудови прогнозової моделі використовуються системи нечіткого логічного висновку типу Сугено, у яких вихідна змінна V (ринкова цінність) визначається як лінійна комбінація вхідних змінних:

$$V = \sum_{i=1}^N w_i \cdot (a_i \cdot Q + b_i \cdot T + c_i) \quad (2.4)$$

де Q – інтегральний показник якості або технічного стану об'єкта, T – вік об'єкта (роки), w_i – ваги відповідних правил нечіткого висновку (обчислюються за функціями належності), a_i , b_i , c_i – параметри локальних моделей (лінійних функцій).

У цьому випадку система формується на основі логічних правил виду:

Якщо Q – "високий", а T – "новий", то $V = 0,95 \cdot V_{\text{нове}}$

Якщо Q – "низький", а T – "старий", то $V = 0,25 \cdot V_{\text{нове}} = 0,25$ та ін.

Загальна кількість правил визначається добутком кількості термів для кожної змінної, наприклад при 3 термах на кожну з 2 змінних – маємо $3 \times 3 = 9$ $\times 3 = 9 \times 3 = 9$ правил.

Саме тому існують проблема скінченності життєвого циклу і поняття «неусувний знос». Фізична можливість менш обмежена, ніж економічна доцільність, а тому, щоб уникнути зайвої роботи, марного витрачання обмежених ресурсів, власникам нерухомості необхідно мати у розпорядженні науково обґрунтований інструментарій прогнозування вартості будівельних об'єктів, залежно від їх стадії життєвого циклу і технічного стану. З цією метою можна використовувати системи інтелектуального аналізу даних, зокрема алгоритми нечіткого логічного висновку. Ми пропонуємо декілька алгоритмів (рис. 2.18.а,б), які відображають вплив на зміни ринкової вартості житлових будинків таких чинників, як стадія життєвого циклу, матеріал стін і технічний стан.

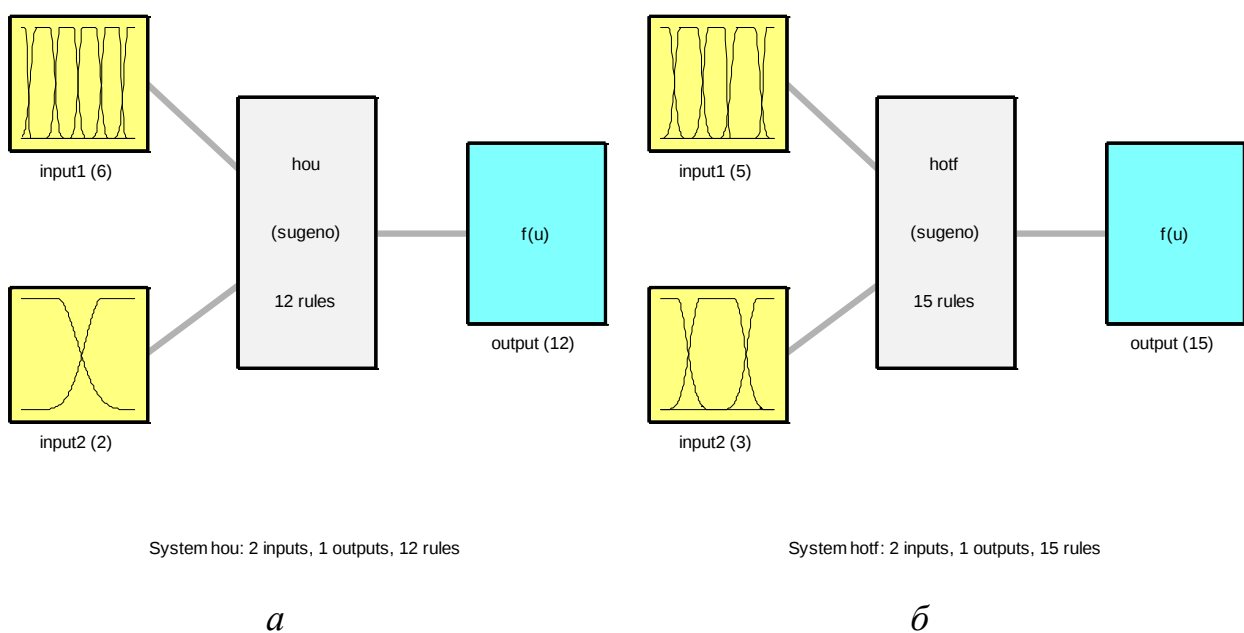


Рис. 2.18. Алгоритми нечіткого логічного висновку для прогнозування змін ринкової вартості об'єктів житлової нерухомості на різних стадіях її життєвого циклу: (а) з урахуванням класу якості будівлі; (б) залежно від технічного стану

Джерело: складено автором

Ці алгоритми (рис. 2.18.а,б) відображають вплив на зміну ринкової вартості житлових будинків. Алгоритми, які відображають вплив на зміну ринкової вартості об'єктів житлової нерухомості на різних стадіях її життєвого циклу, включають врахування класу якості будівлі (а) та залежність від технічного стану (б). Обидва алгоритми, незважаючи на дві вхідні змінні, мають досить складну структуру, оскільки передбачають повний набір комбінацій різних термів входів. Проте, скорочення кількості логічних правил, реалізованих в алгоритмі за допомогою лінійних комбінацій термів входів та вихідної змінної, значно погіршить прогностичні можливості моделі. Ці логічні правила відображені на структурній схемі синіми кружечками і називаються *нейронами проміжного шару* (рис. 2.19). Використання двофакторних лінійних рівнянь як правил нечіткого логічного висновку застосовується в моделях типу Сугено.

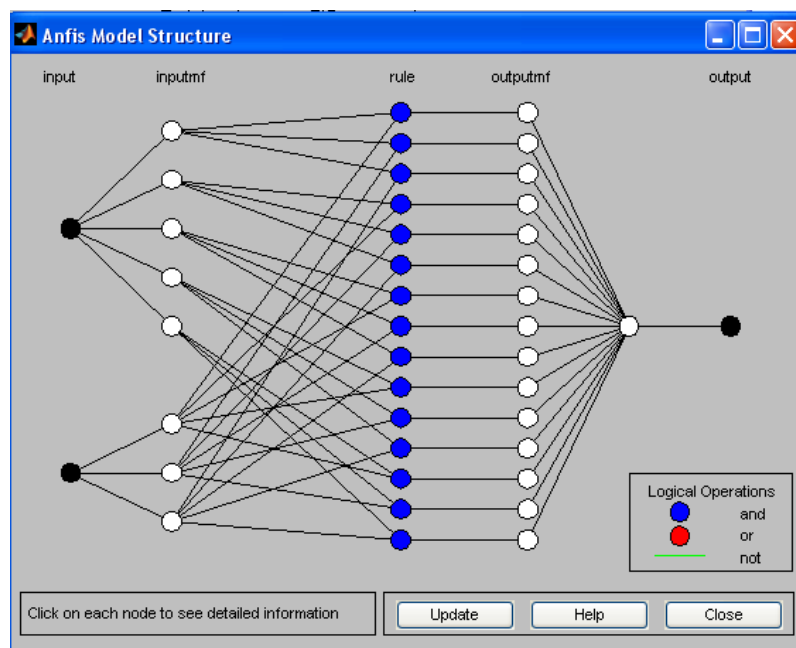


Рис. 2.19. Структурна схема нечіткого логічного висновку на основі моделей типу Сугено для оцінки вартості житлової нерухомості

Джерело: складено автором

У результаті проведеного аналізу встановлено, що чинна методика визначення інвентарної вартості житлових будівель згідно з [121] недостатньо враховує ключовий фактор – дату введення об'єкта в експлуатацію. Такий підхід

призводить до методологічних викривлень в оцінці рівня функціонального зносу, що особливо відчутно у сегменті вторинного ринку житла, де переважають об'єкти з великим строком експлуатації. Для побудови індикаторів було використано вибірку реальних об'єктів житлової нерухомості (додаток Б).

Запропонована оновлена модель, заснована на використанні експоненційної функції знецінення з урахуванням віку будівлі та її технічного стану, дозволяє гнучко реагувати на ринкові умови та забезпечує точнішу оцінку реального стану об'єктів. Представлені результати підтверджують високу кореляцію між хронологічним віком будівлі та рівнем її знецінення, що вказує на доцільність перегляду фіксованих коефіцієнтів у чинних нормативних документах.

Особливу увагу слід приділити періодизації житлового фонду, яка має базуватись не лише на календарному віці, а й на якісних параметрах будівництва та фактичному технічному стані. Запропоновано застосування показника співвідношення між ринковою вартістю 1 м² існуючої будівлі та середньою вартістю нового будівництва, що дозволяє обґрунтувати доцільність реконструкції або демонтажу, а також приймати зважені інвестиційні рішення.

Таким чином, для подолання недоліків чинної системи оцінки зносу житлового фонду, необхідне впровадження динамічної багатофакторної моделі, яка враховує не лише технічні характеристики, але й хронологічний аспект та кон'юнктуру ринку. Це сприятиме підвищенню об'єктивності оцінювання, ефективності управлінських рішень та модернізації житлового фонду України.

Висновки до розділу 2.

1. Збройна агресія російської федерації проти України актуалізувала питання безпеки та стійкості як визначальних факторів при проектуванні, будівництві та експлуатації об'єктів нерухомості. Визначено, що інтеграція захисних споруд, застосування вибухостійких матеріалів і технологій, а також забезпечення автономності інженерних систем є критично важливими, що зумовлює значні зміни вартості на кожному етапі життєвого циклу будівлі – від початкового задуму та розробки проєктної документації до зведення,

експлуатації, модернізації та подальшого демонтажу. Ці нові вимоги актуалізують необхідність переосмислення традиційних підходів до оцінки вартості та визначення нових складових витрат, пов'язаних із забезпеченням захисту населення та критичної інфраструктури в умовах воєнних загроз.

2. Визначено, що застосування методології визначення вартості життєвого циклу (Life Cycle Costing, LCC) є особливо актуалізованим інструментом для прийняття обґрунтованих рішень у процесі післявоєнної відбудови та подальшого сталого розвитку будівельної галузі України. Комплексний аналіз LCC дозволяє не лише оцінити первинні інвестиції в будівництво, але й визначити та оптимізувати всі пов'язані витрати протягом усього періоду експлуатації об'єкта, включаючи витрати на утримання, ремонт, енергоспоживання, а також витрати на його виведення з експлуатації. Актуалізовано необхідність ефективного застосування LCC на кожному етапі життєвого циклу – від стратегічного планування та вибору оптимальних проєктних рішень до моніторингу експлуатаційних витрат та прийняття рішень щодо модернізації чи демонтажу – як критично важливого фактора для забезпечення економічної ефективності, довговічності та функціональної придатності об'єктів нерухомості в умовах нових реалій.

3. Повномасштабна військова агресія російської федерації завдала катастрофічних руйнувань житловому фонду України, призвівши до значних прямих збитків та поглибивши існуючі проблеми, пов'язані зі старінням та зношеністю житлової нерухомості. Масштаби руйнувань є безпрецедентними та мають довгострокові соціально-економічні наслідки, включаючи втрату житла мільйонами громадян та руйнування звичних життєвих зв'язків.

4. Незважаючи на значні втрати, будівельний сектор України демонструє ознаки стійкості та відновлення, про що свідчить зростання обсягів введення житла в експлуатацію у 2024 році. Однак, цей процес відбувається нерівномірно за регіонами, концентруючись переважно у відносно безпечних областях. Водночас, значна частина населення продовжує проживати у застарілому

житловому фонді, технічний стан якого погіршується з плином часу, що створює додаткові виклики для майбутнього відновлення та модернізації.

5. Аналіз динаміки введення житла в експлуатацію та стану існуючого житлового фонду в контексті його життєвого циклу чітко демонструє вплив зовнішніх факторів (військової агресії) на будівельні процеси та експлуатаційні характеристики нерухомості. Війна призвела до різкого порушення усталених циклів будівництва, а старіння житлового фонду зумовлює зростання потреби у капітальних ремонтах та модернізації, що є важливими аспектами для формування стратегій відновлення та сталого розвитку житлової сфери України.

6. Договірне ціноутворення та кошторисна документація є ключовими інструментами управління вартістю на всіх етапах життєвого циклу об'єкта будівництва, забезпечуючи структурування фінансових відносин, прозорість, відповідальність та контроль витрат між усіма учасниками інвестиційно-будівельного процесу. Ефективне складання, узгодження та контроль кошторисної документації є визначальним фактором успішної реалізації проєкту в межах встановленого бюджету, термінів та очікуваної якості.

7. Практика договірного ціноутворення в Україні характеризується чіткою регламентацією на основі державних кошторисних норм та використанням спеціалізованих програмних комплексів, особливо у сфері державних закупівель. Водночас, порівняльний аналіз з підходами, що застосовуються в країнах Європи та США, виявляє тенденцію до більш гнучкого використання кошторисів залежно від типу контракту та стадії проєкту, а також активне впровадження інформаційних технологій, зокрема інтеграції кошторисних ПК з BIM-моделлями, для підвищення точності та ефективності управління вартістю.

8. Кошторисні програмні комплекси відіграють важливу роль в оптимізації процесів управління вартістю на кожному етапі життєвого циклу, від попереднього оцінювання до контролю виконання та взаєморозрахунків. Інтеграція кошторисних ПК з BIM-технологіями відкриває нові можливості для автоматизованого зняття обсягів робіт, параметричного кошторисування та візуалізації фінансових даних, сприяючи підвищенню точності, економії часу та

покращенню співпраці між учасниками будівельних проєктів як в Україні, так і у світовій практиці.

9. Запропоновано новий підхід до класифікації житлового фонду за періодами забудови з урахуванням технічного стану, функціонального зносу та ринкової вартості об'єктів. Оновлена періодизація дозволяє точніше ідентифікувати етапи втрати вартості протягом життєвого циклу житла та приймати обґрунтовані рішення щодо реконструкції чи списання об'єктів. У межах дослідження сформовано систему індикаторів знецінення житлового фонду, яка може бути використана в практиці оцінки та управління нерухомістю. Для обробки нечітких та неповних даних застосовано методи нечіткого логічного висновку типу Сугено, що забезпечує підвищення надійності розрахунків.

Основні результати дослідження, викладені в розділі 2 представлено в публікаціях автора [73, 145, 146, 151, 153].

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ УПРАВЛІННЯ ВАРТІСТЮ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ

3.1. Інструменти оптимізації основної виробничої діяльності для впливу на вартість життєвого циклу будівельних об'єктів

Управління вартістю життєвого циклу об'єкта будівництва є ключовим елементом ефективного планування та реалізації будівельних проєктів і має важливе значення для всіх учасників процесу. Для інвестора та замовника воно дає змогу точно прогнозувати витрати, підвищити інвестиційну привабливість проєкту та мінімізувати ризики перевитрат як на етапі будівництва, так і під час подальшої експлуатації. Проєктувальники, орієнтуючись на повний життєвий цикл об'єкта, можуть приймати оптимальні архітектурно-технічні рішення, які враховують не лише вартість будівництва, а й витрати на обслуговування, ремонти та модернізацію. Оператори та експлуатаційні компанії отримують чітке розуміння майбутніх витрат на утримання будівлі, що дозволяє краще планувати ресурси й забезпечувати стабільну роботу об'єкта. Для державних та муніципальних структур управління вартістю дає змогу раціонально використовувати бюджетні кошти, забезпечуючи якісну інфраструктуру з мінімальними витратами протягом її функціонування. Особливо важливою ця практика є для підрядників, адже вона дає їм змогу чітко планувати ресурси, пропонувати ефективні будівельні технології, уникати перевитрат і водночас забезпечувати відповідність вимогам замовника, що суттєво підвищує їхню конкурентоспроможність на ринку.

У контексті розробки організаційно-економічного інструментарію управління вартістю життєвого циклу об'єктів будівництва, критично важливим є усвідомлення синергії між оптимізацією основної виробничої діяльності будівельного підприємства та зниженням сукупних витрат протягом усього життєвого циклу об'єкта. Хоча безпосередньою метою оптимізації виробничих

процесів для підприємства є підвищення його рентабельності та збільшення прибутку, ці заходи прямо впливають на формування вартості на етапі будівництва, а опосередковано – на подальші експлуатаційні витрати. Це створює взаємовигідну основу для балансування інтересів усіх учасників інвестиційно-будівельного процесу. Даний підрозділ детально розглядає, яким чином інструменти оптимізації виробничої діяльності дозволяють не тільки підвищити ефективність роботи підприємства ТОВ «Енерго Інжиніринг», а й забезпечити формування оптимальної вартості життєвого циклу будівельних об'єктів, що відповідає довгостроковим інтересам інвесторів, експлуатуючих організацій та кінцевих користувачів.

Одною із бізнес-ліній будівельного підприємства ТОВ «Енерго Інжиніринг» є ремонт дерев'яних підлог. Основні типи робіт, які потрібно здійснювати – улаштування підлог із дощатих покриттів, паркетних підлог, підлог із деревних щитів та із деревних плит. Планування своєї виробничої діяльності за даним напрямком здійснюється із урахуванням кошторисних норм витрат матеріальних і трудових ресурсів, а також наявних можливостей.

У табл. 3.1 наведено вихідні дані для складання виробничої програми, яка забезпечила б ТОВ «Енерго Інжиніринг» максимальний фінансовий результат. Це означає, що обсяги виконуваних робіт слід планувати із урахуванням рентабельності кожного виду діяльності. Тобто графа табл. 3.1 "Прибуток у розрахунку на 100 кв. м ремонту підлогового покриття" є вектором коефіцієнтів цільової функції оптимізаційної задачі. Решти граф табл. 3.1 містить числові дані, потрібні для складання системи обмежень основної задачі [138-141].

Вміст рядку «Наявний запас» визначає константи правих частин нерівностей-обмежень, решта клітин цих граф (табл. 3.1) являє собою матрицю коефіцієнтів при змінних у лівих частинах обмежень. Також у табл. 3.1 подано позначення змінних, потрібні для запису задачі лінійного програмування у звичайному та канонічному вигляді.

Таблиця 3.1

Вихідні дані для оптимізації виробничої програми

Показник	Позначення	Прибуток, грн./100к в.м	Праця, люд.-год.	Пилка дискова електрична, маш.-год.	Цвяхи, кг	Масти ка, кг	Дошки, куб.м	Плити деревовол окнисті, кв.м	Плити деревостру жкові, кв.м
Улаштування дощатих покриттів	x1	1290	87,04	1,04	26,2	0	3,71	0	0
Улаштування покриттів з деревоволокнистих плит	x2	1890	81,57	3,79	0	133	0	204	0
Улаштування покриттів з деревостружкових плит	x3	2100	27,92	1,9	4	0	0	0	102
Улаштування теплоізоляції та звукоізоляції стрічкової з плит деревоволокнистих під лаги	x4	1220	7,39	0	0	0	0	28,4	0
Улаштування основ під покриття підлоги із деревоволокнистих плит	x5	900	25,12	0,81	0	133	0	102	0
Улаштування основ під покриття підлоги із стружкових плит	x6	1090	43,1	2,42	0	133	0	0	102
Запас			1124	70	147,5	600	13,25	596	555

Використання 0 573,81 13,86 102,00 0 11,25 586 575

Джерело: розраховано автором

У табл. 3.1 наведено шість основних видів робіт (від улаштування дощатих покриттів до улаштування основ із стружкових плит) з відповідними позначеннями ($x_1 - x_6$). Для кожного виду робіт зазначено очікуваний прибуток на 100 кв.м площі, а також обсяг споживаних ресурсів: праця (людино-години), пилка дискова електрична (машино-години), цвяхи (кг), мастика (кг), дошки (m^3), деревоволокнисті та деревостружкові плити (кв.м).

За даними табл. 3.1 можна записати оптимізаційну задачу у наступному вигляді:

Цільова функція

$$F = 1290 \cdot x_1 + 1890 \cdot x_2 + 2100 \cdot x_3 + 1220 \cdot x_4 + 900 \cdot x_5 + 1090 \cdot x_6 \rightarrow \max \quad (3.1)$$

Систему обмежень складено із наступних нерівностей:

Обмеження на трудові ресурси:	$87,04 \cdot x_1 + 81,57 \cdot x_2 + 27,92 \cdot x_3 + 7,39 \cdot x_4 + 25,12 \cdot x_5 + 43,1 \cdot x_6 \leq 1124$
Обмеження на технічні ресурси:	$1,04 \cdot x_1 + 3,79 \cdot x_2 + 1,9 \cdot x_3 + 0 \cdot x_4 + 0,81 \cdot x_5 + 2,42 \cdot x_6 \leq 70$
Обмеження на цвяхи:	$0 \cdot x_1 + 133 \cdot x_2 + 0 \cdot x_3 + 0 \cdot x_4 + 133 \cdot x_5 + 133 \cdot x_6 \leq 600$
Обмеження на мастику:	$26,2 \cdot x_1 + 0 \cdot x_2 + 4 \cdot x_3 + 0 \cdot x_4 + 0 \cdot x_5 + 0 \cdot x_6 \leq 147,5$
Обмеження на дошки:	$0 \cdot x_1 + 204 \cdot x_2 + 0 \cdot x_3 + 28,4 \cdot x_4 + 102 \cdot x_5 + 0 \cdot x_6 \leq 596$
Обмеження на плити деревоволокнисті:	$3,71 \cdot x_1 + 0 \cdot x_2 + 0 \cdot x_3 + 0 \cdot x_4 + 0 \cdot x_5 + 0 \cdot x_6 \leq 13,25$
Обмеження на плити деревостружкові:	$0 \cdot x_1 + 0 \cdot x_2 + 102 \cdot x_3 + 0 \cdot x_4 + 0 \cdot x_5 + 102 \cdot x_6 \leq 555$
Жодна із змінних не може бути від'ємним числом:	$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13} \geq 0$

Для застосування симплекс-методу для розв'язку цієї задачі систему обмежень слід записати у канонічному вигляді. З цією метою використано додаткові змінні $x_7 - x_{13}$ на позначення невикористаного запасу ресурсів. Кожне управлінське рішення у задачі оптимізації має вагомий вплив на загальну ефективність управління вартістю. В умовах обмежених ресурсів – як трудових, так і матеріальних – навіть незначна зміна у структурі виробничого плану може призвести до суттєвих фінансових наслідків. Саме

тому аналіз кожного варіанту виробу (x_1 – x_6) та раціональне розподілення ресурсів з урахуванням обмежень дозволяє не лише максимізувати прибуток (цільову функцію), а й забезпечити сталий розвиток підприємства. У таблиці 3.2. наведено розрахунки для першої ітерації.

Мінімальну симплекс-різницю встановлено для змінної x_3 – улаштування покриттів з деревостружкових плит. Її значення складає: -2100 тис. грн. Це означає, що до базису слід ввести вектор. Нова симплекс-таблиця має вигляд (табл. 3.3). Щоб встановити, який вектор слід вивести із базису, було розраховано співвідношення значень поточного базису і коефіцієнтів розкладення вектору, який з'явиться у базисі на наступній ітерації. Ці розрахунки виконані в останній графі табл. 3.2.

Мінімальне додатнє значення становить 5,44 сотень кв. м. Воно відповідає змінній x_{13} . Невикористаний запас плит деревостружкових, кв. м і показує максимально можливий за даного обмеження обсяг робіт, які буде включено до наступного базису. Таким чином, за результатами виконаної ітерації встановлено:

- Вирішальний елемент 102
- Напрямний стовпчик x_3 – улаштування покриттів з деревостружкових плит.
- Напрямний рядок x_{13} – невикористаний запас плит деревостружкових, кв. м.

Таблиця 3.2

Симплекс-таблиця першої ітерації задачі оптимізації виробничої програми

Найменування змінної	позна ченн я	Базис (Значення ненульови х компонен т плану)	Цільови й коефіціє нт	Розкладення векторів по базису													Допоміжні розрахунки для визначення напрямого рядку та вирішальної клітинки	
				x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13		
				Коефіцієнти цільової функції														
Невикористаний резерв трудових ресурсів, люд.-год.	x7	1124	0	87,04	81,57	27,92	7,39	25,12	43,1	1	0	0	0	0	0	0	40,258	=1124/27,92
Невикористаний резерв машинного часу пилки, маш.-год.	x8	70	0	1,04	3,79	1,9	0	0,81	2,42	0	1	0	0	0	0	0	36,842	=70/1,9
Невикористаний запас цвяхів, кг	x9	147,5	0	26,2	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	36,875	=147,5/4
Невикористаний запас мастики, кг	x10	600	0	0	133	0	0	133	133	0	0	0	1	0	0	0		
Невикористаний запас дошок, куб.м	x11	13,25	0	3,71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
Невикористаний запас плит деревоволокнистих, кв.м	x12	596	0	0	204	0	28,4	102	0	0	0	0	0	0	1	0		
Невикористаний запас плит деревостружкових, кв.м	x13	555	0	0	0	<u>102</u>	0	0	102	0	0	0	0	0	0	1	5,441	=555/102
Значення цільової функції		0	Симплекс-різниця	-1290	-1890	-2100	-1220	-900	-1090	0	0	0	0	0	0	0		

Джерело: розраховано автором

Таблиця 3.3

Симплекс-таблиця другої ітерації задачі оптимізації виробничої програми

Найменування змінної	позначення	Базис (Значення ненульових компонент плану)	Цільовий коефіцієнт	Розкладення векторів по базису													Допоміжні розрахунки для визначення напрямого рядку та вирішальної клітинки	
				x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13		
				Коефіцієнти цільової функції														
				1290	1890	2100	1220	900	1090	0	0	0	0	0	0			
Невикористаний резерв трудових ресурсів, люд.-год.	x7	972,1	0	87,04	81,57	0	7,39	25,12	15,18	1	0	0	0	0	0	-0,273725	11,917	=972,1/81,6
Невикористаний резерв машинного часу пилки, маш.-год.	x8	59,7	0	1,04	3,79	0	0	0,81	0,52	0	1	0	0	0	0	-0,018627	15,742	=59,7/3,8
Невикористаний запас цвяхів, кг	x9	125,7	0	26,2	0	0	0	0	-4	0	0	1	0	0	0	-0,039216	—	—
Невикористаний запас мастики, кг	x10	600,0	0	0	133	0	0	133	133	0	0	0	1	0	0	0	4,511	=600/133
Невикористаний запас дошок, куб.м	x11	13,3	0	3,71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	—	—
Невикористаний запас плит деревоволокнистих, кв.м	x12	596,0	0	0	204	0	28,4	102	0	0	0	0	0	0	1	0	2,922	=596/204
Улаштування покриттів деревостружкових плит	x3	5,4	2100	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,009804	—	—
Значення цільової функції		11426,47	Симплекс-різниця	-1290	1890	0	1220	-900	1010	0	0	0	0	0	0	20,588235		

Джерело: розраховано автором

У табл. 3.3 наведено розрахунки для наступної ітерації. Елементи в рядку вектору, який було введено до базису, одержано діленням елементів напрямного рядку із попередньої ітерації (табл. 3.4) на вирішальний елемент.

Решту елементів перераховано за правилом "діагональних елементів". Аналогічним способом одержано і значення нового опорного плану, і симплекс-різниць, і цільової функції на даній ітерації. Результати симплекс-ітерацій вкотре підтверджують, наскільки критичним є кожне обґрунтоване управлінське рішення у межах задачі оптимізації. Зокрема, вибір змінної x_3 (улаштування покриттів з деревостружкових плит) як напрямного стовпця свідчить про найвищий потенціал приросту цільової функції в умовах поточного розподілу ресурсів. Проте не менш важливо правильно ідентифікувати, який саме ресурс (у даному випадку запас деревостружкових плит – x_{13}) обмежує можливість подальшого зростання.

Як видно із табл. 3.3, зміни опорного плану дозволили збільшити значення цільової функції на 11426,47 тис. грн., оскільки кожна додаткова сотня кв. метрів робіт із дає змогу заробити прибутку в розмірі 2100, а максимально можливий обсяг робіт склав 5,4 сотень кв. м.

Коефіцієнти розкладення векторів X_1 , X_2 , X_4 – X_6 по новому базису не змінилися. Тобто числа у відповідних клітинках в табл. 3.3 та 3.4 однакові. Математично це пояснюється тим, що у відповідних стовпчиках напрямного рядку попередньої симплекс-таблиці були нулі. З позицій економічного аналізу відсутність змін граф симплексних таблиць пояснюється тим, що ресурс, який є дефіцитним для виду робіт, включених до нового опорного плану, жодним чином не задіяний для інших робіт.

В рядку симплекс-різниць нової таблиці, окрім від'ємних значень, які характеризують незароблений прибуток внаслідок невключення певних видів робіт до опорного плану, заслуговує увагу і ненульове значення, для додаткової змінних. Це значення відповідає стовпчику змінної, щойно виведеної із базису x_{13} – невикористаний запас плит деревостружкових, кв. м. Його економічний зміст полягає в тому, дана змінна характеризує

дефіцитний ресурс. Його збільшення дозволило б отримати більший фінансовий результат. При цьому кожна додаткова одиниця збільшення даного ресурсу (квадратний метр деревостружкових плит) дала б змогу певним чином змінити оптимальний план, внаслідок чого прибуток, тобто цільова функція, зріс би на 20,58823529 грн.

Водночас довелось залучити і інші додаткові ресурси, а саме:

- Трудові в обсязі 0,2737 люд.-год.
- Машинні в розмірі 0,0186 маш.-год.
- Матеріальні (цвяхи) обсягом 0,0392 кг

Додатне число, що є коефіцієнтом розкладення вектору X_{13} за щойно введеною змінною x_3 – це число обернене до норми витрат деревостружкових плит., а саме: $0,0098 = 1/102$ сотень квадратних метрів, або на 0,98 кв. м. Воно показує, на скільки міг би зрости обсяг виконання робіт X_3 , якби кількість деревостружкових плит X_{13} була б більшою на 1 кв м.

Звичайно, такі висновки зроблено на основі модулів коефіцієнтів розкладення вектору X_{13} за поточним базисом. Знак мінус ("-") у табл. 3.3. якраз і означає додаткову потребу в інших ресурсах за умови збільшення дефіцитного ресурсу на одиницю. Варто зазначити, що вищезазначені пропорції заміни ресурсів не є тотожними поняттю "гранична норм заміни", оскільки справедливість співвідношень спостерігається виключно для даного опорного плану.

Оскільки серед симплекс-різниць табл. 3.3 присутні від'ємні, опорний план даної ітерації не є оптимальним і потрібно здійснювати новий перерахунок, тобто виконувати нову ітерацію обчислень (табл. 3.4). Мінімальну симплекс-різницю встановлено для змінної x_2 – улаштування покриттів з деревоволокнистих плит. Її значення складає: -1890 тис. грн. Це означає, що до базису слід ввести вектор. Нова симплекс-таблиця має вигляд (табл. 3.4).

Щоб встановити, який вектор слід вивести із базису, було розраховано співвідношення значень поточного базису і коефіцієнтів розкладення

вектору, який з'явиться у базисі на наступній ітерації. Ці розрахунки виконані в останній графі табл. 3.3. Мінімальне додатне значення становить 2,92 сотень кв. м. Воно відповідає змінній x_{12} – невикористаний запас плит деревоволокнистих, кв. м і показує максимально можливий за даного обмеження обсяг робіт, які буде включено до наступного базису.

Таким чином, за результатами виконаної ітерації встановлено:

- Вирішальний елемент 204
- Напрямний стовпчик x_2 – улаштування покриттів деревоволокнистих плит.
- Напрямний рядок x_{12} – невикористаний запас плит деревоволокнистих, кв. м.

У табл. 3.4 наведено розрахунки для наступної ітерації. Елементи в рядку вектору, який було введено до базису, одержано діленням елементів прямого рядку із попередньої ітерації (табл. 3.3) на вирішальний елемент.

Решту елементів перераховано за правилом "діагональних елементів". Аналогічним способом одержано і значення нового опорного плану, і симплекс-різниць, і цільової функції на даній ітерації. Як видно із табл. 3.4, подальші зміни опорного плану дозволили збільшити значення цільової функції на 5521,7647 тис. грн., оскільки кожна додаткова сотня кв. метрів робіт дає змогу заробити прибутку в розмірі 1890, а максимально можливий обсяг робіт склав 2,9.

У розкладенні за новим базисом не змінились лише коефіцієнти для X_1 . Тобто числа у відповідних клітинках в табл. 3.4 та 3.3 однакові. Як зазначалось раніше, математично це пояснюється тим, що у відповідних стовпчиках прямого рядку попередньої симплекс-таблиці були нулі. З позицій економічного аналізу відсутність змін граф симплексних таблиць пояснюється тим, що ресурс, який є дефіцитним для виду робіт, включених до нового опорного плану, жодним чином не задіяний для інших робіт.

Таблиця 3.4

Симплекс-таблиця третьої ітерації задачі оптимізації виробничої програми

Найменування змінної	позн ачен ня	Базис (Значення ненульових компонент плану)	Цільови й коефіцієнт	Розкладення векторів по базису												Допоміжні розрахунки для визначення напрямого рядку та вирішальної клітинки		
				x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12			x13
				Коефіцієнти цільової функції														
				1290	1890	2100	1220	900	1090	0	0	0	0	0	0			
Невикористаний резерв трудових ресурсів, люд.-год.	x7	733,8	0	87,04	0	0	-3,965824	-15,665	15,18	1	0	0	0	0	-0,399853	-0,273725	8,430	=733,8/87
Невикористаний резерв машинного часу пилки, маш.-год.	x8	48,6	0	1,04	0	0	-0,527627	-1,085	0,52	0	1	0	0	0	-0,018578	-0,018627	46,720	=48,6/1
Невикористаний запас цвяхів, кг	x9	125,7	0	26,2	0	0	0	0	-4	0	0	1	0	0	0	-0,039216	4,799	=125,7/26,2
Невикористаний запас мастики, кг	x10	211,4	0	0	0	0	-18,51569	66,5	133	0	0	0	1	0	-0,651961	0	—	—
Невикористаний запас дошок, куб.м	x11	13,3	0	3,71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3,571	=13,3/3,7
Улаштування покриттів з деревоволокнистих плит	x2	2,9	1890	0	1	0	0,1392157	0,5	0	0	0	0	0	0	0,004902	0	—	—
Улаштування покриттів з деревостружкових плит	x3	5,4	2100	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,009804	—	—
Значення цільової функції		16948,24	Симпле кс-різниці	-1290	0	0	-956,8824	45	1010	0	0	0	0	0	9,2647059	20,588235		

Джерело: розраховано автором

Економічний зміст від'ємних чисел у стовпчиках змінних, що позначають шукані обсяги робіт наступний: вони відображають, яку кількість ресурсів слід перенаправити від виконання робіт, включених до поточного опорного рішення, для виготовлення 100 кв. м тих робіт, яких поки що немає в базисі. Таким чином, кожна наступна ітерація симплексного методу не просто уточнює математичне рішення, а й відображає динаміку зміни економічних пріоритетів у розподілі ресурсів. Величина приросту цільової функції – 5521,7647 тис. грн – наочно демонструє, наскільки вагомим є вчасний перехід до ефективнішого варіанту використання обмеженого виробничого потенціалу. Водночас, незмінність деяких коефіцієнтів (зокрема для x_1 свідчить про стабільність потреб у певних ресурсах, що не залучені до нових видів робіт.

Наприклад, для виконання 100 кв. м робіт X4 – улаштування теплоізоляції та звукоізоляції стрічкової з плит деревоволокнистих під лаги: необхідно:

- трудових ресурсів: 3,9658 люд.- год.
- машинного часу пилки: 0,5276 маш.-год
- мастики: 18,5157 кг

У табл. 3.4 вищенаведені показники від'ємні. Знак "-" (мінус) означає, що вказані обсяги машинного часу, витрат праці робітників та матеріалів доведеться вилучати від виконання робіт по улаштуванню покриттів з дерев'яних плит усіх видів.

Звичайно, це негативно позначитися на можливостях виконання актуальної на даній ітерації виробничої програми. Пропорції заміни одної роботи іншою відображено за допомогою коефіцієнтів відповідного рядку базисної змінної.

Зокрема, для виконання 1 сотні кв. метрів із улаштування теплоізоляції та звукоізоляції стрічкової з плит деревоволокнистих під лаги потрібно відмовитись від виконання 0,1392 сотень кв. м улаштування покриттів із деревоволокнистих плит. Однак, своєю чергою це забезпечить зростання

цільової функції – прибутку від операційної діяльності, на 956,8824 тис. грн., оскільки це – від’ємна симплекс різниця.

В рядку симплекс-різниць нової таблиці, окрім від’ємних значень, які характеризують незароблений прибуток внаслідок невключення певних видів робіт до опорного плану, заслуговує увагу і ненульове значення, для додаткової змінних. Це значення відповідає стовпчику змінної, щойно виведеної із базису. Невикористаний запас плит деревоволокнистих, кв. м. Його економічний зміст полягає в тому, дана змінна характеризує дефіцитний ресурс. Його збільшення дозволило б отримати більший фінансовий результат.

При цьому кожна додаткова одиниця збільшення даного ресурсу (квадратний метр деревоволокнистих плит) дала б змогу певним чином змінити оптимальний план, внаслідок чого прибуток, тобто цільова функція, зріс би на 9,264705882 грн.

Водночас довелось залучити і інші додаткові ресурси, а саме:

- Трудові в обсязі 0,3999 люд.-год.
- Машинні в розмірі 0,0186 маш.-год.
- Мастику обсягом 0,6520 кг

Додатне число, що є коефіцієнтом розкладення вектору X_{12} за щойно введеною змінною x_2 , – це число обернене до норми витрат деревоволокнистих плит, а саме: $0,0049 = 1/204$ сотень квадратних метрів, або на 0,49 кв. м. Воно показує, на скільки міг би зрости обсяг виконання робіт X_2 , якби кількість деревоволокнистих плит X_{12} була б більшою на 1 кв м.

Звичайно, такі висновки зроблено на основі модулів коефіцієнтів розкладення вектору X_{13} за поточним базисом. Знак мінус ("-") у табл. 3.4 якраз і означає додаткову потребу в інших ресурсах за умови збільшення дефіцитного ресурсу на одиницю. Варто зазначити, що вищезазначені пропорції заміни ресурсів не є тотожними поняттю "гранична норм заміни", оскільки справедливість співвідношень спостерігається виключно для даного опорного плану.

Оскільки серед симплекс-різниць табл. 3.4 присутні від'ємні, опорний план даної ітерації не є оптимальним і потрібно здійснювати новий перерахунок, тобто виконувати нову ітерацію обчислень (табл. 3.5). Мінімальну симплекс-різницю встановлено для змінної x_1 – улаштування дощатих покриттів. Її значення складає: -1290 тис. грн. Це означає, що до базису слід ввести вектор x_1 . Нова симплекс-таблиця має вигляд (табл. 3.5).

Щоб встановити, який вектор слід вивести із базису, було розраховано співвідношення значень поточного базису і коефіцієнтів розкладення вектору, який з'явиться у базисі на наступній ітерації. Ці розрахунки виконані в останній графі табл. 3.4. Мінімальне додатнє значення становить 3,57 сотень кв .м. Воно відповідає змінній x_{11} – невикористаний запас дошок, куб. м і показує максимально можливий за даного обмеження обсяг робіт, які буде включено до наступного базису.

Таким чином, за результатами виконаної ітерації встановлено:

- Вирішальний елемент 3,71
- Напрямний стовпчик x_1 – улаштування дощатих покриттів.
- Напрямний рядок x_{11} – невикористаний запас дошок, куб. м.

У табл. 3.5 –3.6 наведено розрахунки для наступних ітерацій. Елементи в рядку вектору, який було введено до базису, одержано діленням елементів напрямного рядку із попередньої ітерації на вирішальний елемент.

Решту значень клітин перераховано за правилом "діагональних елементів". Аналогічним способом одержано і значення нового опорного плану, і симплекс-різниць, і цільової функції на даній ітерації.

Таблиця 3.5

Симплекс-таблиця четвертої ітерації задачі оптимізації виробничої програми

Найменування змінної	позначення	Базис (Значення ненульових компонент плану)	Цільовий коефіцієнт	Розкладення векторів по базису													Допоміжні розрахунки для визначення напрямого рядку та вирішальної клітинки	
				x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13		
				Коефіцієнти цільової функції														
				1290	1890	2100	1220,000	900	1090	0	0	0	0	0	0	0		
Невикористаний резерв трудових ресурсів, люд.-год.	x7	422,9	0	0	0	0	-3,966	15,665	15,18	1	0	0	0	-23,46092	-0,399853	-0,273725	–	–
Невикористаний резерв машинного часу пилки, маш.-год.	x8	44,9	0	0	0	0	-0,528	-1,085	0,52	0	1	0	0	-0,280323	-0,018578	-0,018627	–	–
Невикористаний запас цвяхів, кг	x9	32,2	0	0	0	0	0,000	0	-4	0	0	1	0	-7,061995	0	-0,039216	–	–
Невикористаний запас мастики, кг	x10	211,4	0	0	0	0	-18,516	66,5	133	0	0	0	1	0	-0,651961	0	–	–
Улаштування дощатих покриттів	x1	3,6	1290	1,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	–	–
Улаштування покриттів з деревоволокнистих плит	x2	2,9	1890	0	1	0	0,139	0,5	0	0	0	0	0	0	0,004902	0	20,986	=2,9/0,1
Улаштування покриттів з деревостружкових плит	x3	5,4	2100	0	0	1	0,000	0	1	0	0	0	0	0	0	0,009804	–	–
Значення цільової функції		21555,38	Симплекс-різниця	0	0	0	956,8824	45	1010	0	0	0	0	347,70889	9,2647059	20,588235		

Джерело: розраховано автором

Таблиця 3.6

Симплекс-таблиця п'ятої ітерації задачі оптимізації виробничої програми

Найменування змінної	позначення	Базис (Значення ненульових компонент плану)	Цільовий коефіцієнт	Розкладення векторів по базису												
				x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13
				Коефіцієнти цільової функції												
				1290	1890	2100	1220,000	900	1090	0	0	0	0	0	0	0
Невикористаний резерв трудових ресурсів, люд.-год.	x7	506,1	0	0	28,486901	0	0,000	-1,421549	15,18	1	0	0	0	-23,46092	-0,260211	-0,273725
Невикористаний резерв машинного часу пилки, маш.-год.	x8	55,9	0	0	3,79	0	0,000	0,81	0,52	0	1	0	0	-0,280323	0	-0,018627
Невикористаний запас цвяхів, кг	x9	32,2	0	0	0	0	0,000	0	-4	0	0	1	0	-7,061995	0	-0,039216
Невикористаний запас мастики, кг	x10	600,0	0	0	133	0	0,000	133	133	0	0	0	1	0	0	0
Улаштування дощатих покриттів	x1	3,6	1290	1,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0
Улаштування теплоізоляції та звукоізоляції стрічкової з плит деревоволокнистих під лаги	x4	21,0	1220,000	0	7,1830986	0	1,000	3,5915493	0	0	0	0	0	0	0,0352113	0
Улаштування покриттів з деревостружкових плит	x3	5,4	2100	0	0	1	0,000	0	1	0	0	0	0	0	0	0,009804
Значення цільової функції		41636,43	Симплекс-різниці	0	6873,3803	0	0	3481,6901	1010	0	0	0	0	347,70889	42,957746	20,588235

Джерело: розраховано автором

Результати кожної ітерації симплекс-методу мають не лише числове, а й стратегічне значення для ефективного управління ресурсами. Кожен елемент, введений або виведений із базису, фактично є сигналом для коригування виробничої програми відповідно до змін у доступності чи дефіцитності ресурсів. Саме тому правильне прочитання симплекс-різниць, особливо від'ємних, має важливе управлінське навантаження: воно вказує, у якому напрямі підприємство може переорієнтуватися задля досягнення більшого прибутку. Крім того, позитивне значення для додаткових змінних демонструє тіньову вартість ресурсу, тобто – наскільки вигідно було б збільшити його обсяг. Ці показники є особливо цінними для економічного аналізу, оскільки дозволяють не лише приймати оперативні рішення, а й моделювати наслідки ресурсних змін на стратегічному рівні.

Таблиця 3.6 відображає п'яту ітерацію симплекс-методу, застосованого для оптимізації виробничої програми. Порівняно з попереднім кроком, у результаті заміни базисної змінної оновлено значення у базисі, що призвело до зростання цільової функції, яка тепер становить 41636,43 – це значне покращення економічного результату. Структура таблиці зберігає звичну логіку. Перші колонки – це назви та позначення змінних, що знаходяться у поточному базисі, а також їх числові значення в оптимальному плані. Це дозволяє побачити, які ресурси використовуються (чи залишаються в резерві), і в якому обсязі

Оскільки рядок симплекс-різниць для змінних на позначення складових виробничої програми в табл.3.6 не містить від'ємних значень, поданий в ній базис є оптимальним та визначає таку виробничу програму, яка забезпечить ТОВ «Енерго Інжиніринг» максимум операційного прибутку. Натомість у попередній симплекс-таблиці ще залишалися від'ємні симплекс-різници, тому її довелось перераховувати.

Після визначення вирішального елемента й напрямних стовпчика й рядку табл. 3.5. виявилось, що за наявних ресурсних обмежень не доцільно

спрямовувати діяльність на виконання більш прибуткової роботи, позначеної як x_2 – улаштування покриттів з деревоволокнистих плит.

Замість неї доцільно здійснювати менш рентабельні роботи, такі як x_4 – улаштування теплоізоляції та звукоізоляції стрічкової з плит деревоволокнистих під лаги. Попри парадоксальну, на перший погляд, істинність такого рішення, оскільки прибуток на 100 кв. м улаштованих покриття складатиме лише 1220,000 проти 1890 грн., доцільність такої заміни пояснюється більшим завантаженням вільних ресурсів при меншому споживанні ресурсів дефіцитних. На підтвердження правильності вищесказаного варто звернути увагу на збільшення цільової функції – операційного прибутку. Воно склало 20081,05 грн.(= 41636,43 - 21555,38) грн.

Аналогічний результат можна було б одержати і до виконання перерахунку симплекс-таблиці 3.6, оскільки від'ємна симплекс різниця для x_4 становить за модулем 956,882 і показує, на скільки зростає операційний прибуток у разі виконання робіт із улаштування теплоізоляції та звукоізоляції стрічкової з плит деревоволокнистих під лаги в одиничному обсязі, тобто на 100 кв. м. Одночасно за наявних ресурсів таких робіт можна виконати лише у кількості 20,99 сотень квадратних метрів, це число в табл. 3.5 наведено у графі допоміжних розрахунків для визначення напрямного рядку.

Наведений обсяг є мінімальним додатним значенням із решти даних цього стовпчика. Отже, можливо у такий спосіб змінити вектор рішення, тобто набір виконуваних видів робіт, щоб отримати додатковий операційний фінансовий результат в сумі: 20081,05 (= $|-956,88| \cdot 20,99$)

Таким чином, вектор оптимального плану задачі наступний:

$$X^*=(3.0;5.6;20.6;0;0;540.2;56.1;35.5;600), F(X^*) = 39976.55 \quad (3.2)$$

Розглянемо економічний зміст компонент вектору:

Улаштування дощатих покриттів

$X_1^*= 3,6$ сотень кв. м

Улаштування покриттів з деревоволокнистих плит	X2*=	0 сотень кв. м
Улаштування покриттів з деревостружкових плит	X3*=	5,4 сотень кв. м
Улаштування теплоізоляції та звукоізоляції стрічкової з плит деревоволокнистих під лаги	X4*=	21,0 сотень кв. м
Улаштування основ під покриття підлоги із деревоволокнистих плит	X5*=	0 сотень кв. м
Улаштування основ під покриття підлоги із стружкових плит	X6*=	0 сотень кв. м
Невикористаний резерв трудових ресурсів	X7*=	506,1 люд.-год
Невикористаний резерв машинного часу пилки	X8*=	55,9 маш.-год.
Невикористаний запас цвяхів	X9*=	32,2 кг
Невикористаний запас мастики	X10*=	600,0 кг
Невикористаний запас дошок	X11*=	0 куб. м
Улаштування покриттів з деревоволокнистих плит	X12*=	0 кв. м
Улаштування покриттів з деревостружкових плит	X13*=	0 кв. м.

Одночасно із розв'язком прямої оптимізаційної задачі було отримано і розв'язок двоїстої задачі, що являє собою симплекс-різниці у стовпчиках на позначення допоміжних змінних останньої симплекс таблиці (табл. 3.6.)

Адже для кожної оптимізаційної задачі можна скласти відповідну двоїсту задачу, виконавши деякі модифікації прямої, а саме:

- Ввести нові змінні, у_j на позначення оцінок корисності ресурсів (чи інших чинників обмежень)
- Побудувати іншу цільову функцію – відносно нових змінних, цільовими коефіцієнтами біля яких мають бути праві частини нерівностей обмежень
- Змінити "напрямок" екстремального значення (двоїста задача має бути на мінімум, якщо основна передбачає максимізацію, і навпаки)
- Скласти систему обмежень, транспонувавши матрицю коефіцієнтів при змінних у прямій задачі і підставивши у праві частини цільові коефіцієнти прямої задачі.

Для щойно розв'язаної задачі побудови оптимального плану двоїста задача має наступний вигляд:

Цільова функція (мінімізується, на противагу максимуму в основній задачі. Економічний зміст двоїстої задачі полягає в обґрунтуванні мінімальних припустимих значень вартісної ефективності виробничих ресурсів.

$$Y=1124 \cdot y_1 + 70 \cdot y_2 + 147,5 \cdot y_3 + 600 \cdot y_4 + 13,25 \cdot y_5 + 596 \cdot y_6 + 555 \cdot y_7 \rightarrow \min \quad (3.3)$$

Улаштування дощатих покриттів	$87,04 \cdot y_1 + 1,04 \cdot y_2 + 26,2 \cdot y_3 + 0 \cdot y_4 + 3,71 \cdot y_5 + 0 \cdot y_6 + 0 \cdot y_7 \geq 1290$
Улаштування покриттів з деревоволокнистих плит	$81,57 \cdot y_1 + 3,79 \cdot y_2 + 0 \cdot y_3 + 133 \cdot y_4 + 0 \cdot y_5 + 204 \cdot y_6 + 0 \cdot y_7 \geq 1890$
Улаштування покриттів з деревостружкових плит	$27,92 \cdot y_1 + 1,9 \cdot y_2 + 4 \cdot y_3 + 0 \cdot y_4 + 0 \cdot y_5 + 0 \cdot y_6 + 102 \cdot y_7 \geq 2100$
Улаштування тепло- і звукоізоляції з плит деревоволокнистих під лаги	$7,39 \cdot y_1 + 0 \cdot y_2 + 0 \cdot y_3 + 0 \cdot y_4 + 0 \cdot y_5 + 28,4 \cdot y_6 + 0 \cdot y_7 \geq 1220$
Улаштування основ під покриття підлоги з деревоволокнистих плит	$25,12 \cdot y_1 + 0,81 \cdot y_2 + 0 \cdot y_3 + 133 \cdot y_4 + 0 \cdot y_5 + 102 \cdot y_6 + 0 \cdot y_7 \geq 900$
Улаштування основ під покриття підлоги з деревостружкових плит	$43,1 \cdot y_1 + 2,42 \cdot y_2 + 0 \cdot y_3 + 133 \cdot y_4 + 0 \cdot y_5 + 0 \cdot y_6 + 102 \cdot y_7 \geq 1090$

Одночасно з розв'язанням прямої задачі, було автоматично отримано й розв'язок відповідної двоїстої задачі. З точки зору економічного змісту, вона дозволяє оцінити мінімально припустимі значення вартісної ефективності ресурсів, тобто дає відповідь на запитання: скільки має коштувати одиниця кожного ресурсу, щоб забезпечити поточну структуру виробничої програми як оптимальну?

Щоб перейти до формулювання двоїстої задачі, необхідно виконати ряд перетворень:

- Ввести нові змінні – $y_1, y_2, \dots, y_7$, які відображають цінність ресурсів (людських, матеріальних, машинних);
- Побудувати цільову функцію на мінімум, що відображає мінімальні загальні витрати на ресурси;

- Транспонувати систему обмежень з прямої задачі, перетворивши кожен рядок у стовпчик;
- Праві частини – це прибутки від окремих видів діяльності, які виступають як обмеження мінімально необхідного ефекту від використання ресурсів. Її розв’язок представлений в табл. 3.7.

Таблиця 3.8 узагальнює вихідні дані та результати оптимізації задачі максимізації операційного прибутку із застосуванням вбудованого інструмента "Розв’язувач" (Solver) в MS Excel. У таблиці наведено прибутковість кожного виду робіт, обсяг споживання відповідних ресурсів, значення змінних (обсяги виконання робіт) в оптимальному плані, а також співвідношення між загальним використанням ресурсів і їх наявним запасом

Цю задачу можна було б розв’язати і значно швидше – за допомогою "Оптимізатору" – надбудови програми Excel. Для цього необхідно спочатку заготувати допоміжну таблицю із формулами цільової функції та нерівностей обмежень.

Крім того, для вводу формул зручно відобразити і матрицю коефіцієнтів лівих частин обмежень (табл. 3.8).

Оптимальна виробнича програма збіглась із результатами "ручного" розрахунку.

Збіг результатів спостерігається і для двоїстої задачі. Це – тіньова ціна, тобто резерв збільшення прибутку від появи одної "додаткової", понад обмеження, одиниці дефіцитного ресурсу.

Таблиця 3.7

Розв'язок двоїстої задачі оптимального плану для максимізації операційного прибутку та його економічна інтерпретація

Двоїста змінна	Позначення	Значення	Економічний зміст	
Внутрішня оцінка корисності для підвищення рентабельності:				
трудових ресурсів у розрахунку на 1 люд.-год.	y1	0	Ресурс надлишковий, його тіньова ціна нульова, тобто без жодного зменшення значення цільової функції запас можна скоротити. Розмір такого скорочення визначається величиною базисної змінної на позначення цього ресурсу	
машинного часу пілки у розрахунку на 1 маш.-год.	y2	0	Ресурс надлишковий, його тіньова ціна нульова, тобто без жодного зменшення значення цільової функції запас можна скоротити. Розмір такого скорочення визначається величиною базисної змінної на позначення цього ресурсу	
цвяхів, на 1 кг	y3	0	Ресурс надлишковий, його тіньова ціна нульова, тобто без жодного зменшення значення цільової функції запас можна скоротити. Розмір такого скорочення визначається величиною базисної змінної на позначення цього ресурсу	
мастики на 1 кг	y4	0	Ресурс надлишковий, його тіньова ціна нульова, тобто без жодного зменшення значення цільової функції запас можна скоротити. Розмір такого скорочення визначається величиною базисної змінної на позначення цього ресурсу	
дошок, на 1 куб. м	y5	347,71	Цей ресурс можна вважати дефіцитним, оскільки кожна додаткова його одиниця дозволить у такий спосіб змінити оптимальний план, щоб цільова функція зросла б на	347,71 грн
плит деревоволокнистих, на 1 кв. м	y6	42,96	Цей ресурс можна вважати дефіцитним, оскільки кожна додаткова його одиниця дозволить у такий спосіб змінити оптимальний план, щоб цільова функція зросла б на	42,96 грн
плит деревостружкових, на 1 кв. м	y7	20,59	Цей ресурс можна вважати дефіцитним, оскільки кожна додаткова його одиниця дозволить у такий спосіб змінити оптимальний план, щоб цільова функція зросла б на	20,59 грн

Джерело: розраховано автором

Ці тіньові ціни (значення двоїстих змінних) мають важливу аналітичну цінність: вони дозволяють визначити, які ресурси варто докупити або перерозподілити, аби досягти вищої ефективності використання потенціалу підприємства.

Таблиця 3.8

Допоміжна таблиця для застосування вбудованого "Розв'язувача"

Показник	Позначення	Прибуток, грн./100кв.м	Праця, люд.-год.	Пилка дискова електрична, маш.год.	Цвяхи, кг	Мастика, кг	Дошки, куб.м	Плити деревноволокнисті, кв.м	Плити деревностружкові, кв.м	Значення змінної
Улаштування дощатих покриттів	x1	1290	87,04	1,04	26,2	0	3,71	0	0	3,5714286
Улаштування покриттів з деревноволокнистих плит	x2	1890	81,57	3,79	0	133	0	204	0	0
Улаштування покриттів з деревностружкових плит	x3	2100	27,92	1,9	4	0	0	0	102	5,4411765
Улаштування теплоізоляції та звукоізоляції стрічкової з плит деревноволокнистих під лаги	x4	1220	7,39	0	0	0	0	28,4	0	20,985915
Улаштування основ під покриття підлоги із деревноволокнистих плит	x5	900	25,12	0,81	0	133	0	102	0	0
Улаштування основ під покриття підлоги із стружкових плит	x6	1090	43,1	2,42	0	133	0	0	102	0
Використання запасу	Saijxi		617,86071	14,052521	115,33613	0	13,25	596	555	
Запас	bj		1124	70	147,5	600	13,25	596	555	
Цільова функція – максимум прибутку	F	41636,43035								

Джерело: розраховано автором

Звичайно, зміна обмежень спричинить необхідність повторного розв'язку задачі. Але новий розв'язок забезпечить покращення цільової функції.

У відповідності із "Звітом про стійкість" (табл. 3.9.) можна зробити наступні висновки:

Оптимальний план залишиться без змін доти, доки:

1. Запас дефіцитних ресурсів не стане більшим у таких співвідношеннях

- Saijxi Дошки, куб. м зросте більше, ніж на 4,55 куб. м і перевищить 17,80 ($=13,25+4,555$) куб. м.

- Saijxi Плити деревоволокнисті, кв. м зросте більше, ніж на 1945,11 кв. м і перевищить 2541,11 ($=596+1945,109$) кв. м.

- Saijxi Плити деревостружкові, кв. м зросте більше, ніж на 820,18 кв. м і перевищить 1375,18 ($=555+820,179$) кв. м.

2. Запас надлишкових ресурсів не буде скорочено наступним чином

- Saijxi Праця, люд.-год. скоротиться більшою мірою, аніж 506,14 люд.-год. і буде меншим за 617,86 ($=1124-506,139$) люд.-год.

- Saijxi Пилка дискова електрична, маш.-год. скоротиться більшою мірою, аніж 55,95 маш.год. і буде меншим за 14,05 ($=70-55,947$) маш.-год.

- Saijxi Цвяхи, кг скоротиться більшою мірою, аніж 32,16 кг і буде меншим за 115,34 ($=147,5-32,164$) кг.

- Saijxi Мастика, кг скоротиться більшою мірою, аніж 600 кг і буде меншим за 0 ($=600-600$) кг.

Saijxi – це умовне позначення запасу стійкості (або чутливості) у задачі лінійного програмування, що відображає допустимі межі зміни значень ресурсів чи параметрів обмежень без зміни оптимального плану. Іншими словами, це величина, на яку можна збільшити або зменшити наявний запас певного ресурсу, щоб оптимальне рішення залишалося незмінним. У звіті "Про стійкість" такі значення вказують, наскільки можна відхилити кожен з параметрів (наприклад, кількість деревини, цвяхів, машино-годин, тощо), перш ніж доведеться перераховувати оптимізаційну задачу заново. Якщо зміна параметра перевищує значення Saijxi, це спричинить зміну оптимального виробничого плану.

Наприклад, якщо S_{aijxi} для дощок становить 4,55 куб. м, то додавання меншої кількості дощок (до 4,55 куб. м) не змінить існуюче оптимальне рішення, а збільшення на більшу величину змусить його переглянути. Таким чином, значення S_{aijxi} дозволяють керівникам та аналітикам приймати обґрунтовані рішення щодо використання або закупівлі ресурсів без необхідності щоразу заново розв'язувати задачу, і є важливою частиною чутливого аналізу результатів оптимізації.

3. Види діяльності, які не вигідні в отриманому оптимальному рішенні будуть включеними до іншої виробничої програми, якщо

- Улаштування покриттів з деревоволокнистих плит характеризуватиметься прибутковістю 8763,38 грн./100 кв. м, що більше від вихідного значення 1890 на 6873,38.

- Улаштування основ під покриття підлоги із деревоволокнистих плит характеризуватиметься прибутковістю 4381,69 грн./100 кв. м, що більше від вихідного значення 900 на 3481,69.

- Улаштування основ під покриття підлоги із стружкових плит характеризуватиметься прибутковістю 2100 грн./100 кв. м, що більше від вихідного значення 1090 на 1010.

4. Види робіт, присутні в поточному оптимальному плані доведеться переглядати за умов скорочення їх рентабельності у таких розмірах:

1. Улаштування дощатих покриттів втратить прибутковість на 100 кв. м в сумі 1290 грн., що виявиться у значенні цільового коефіцієнта в розмірі 0 грн./100кв. м.

2. Улаштування покриттів з деревостружкових плит втратить прибутковість на 100 кв. м в сумі 1010 грн., що виявиться у значенні цільового коефіцієнта в розмірі 1090 грн./100кв. м.

3. Улаштування теплоізоляції та звукоізоляції стрічкової з плит деревоволокнистих під лаги втратить прибутковість на 100 кв. м в сумі 956,88 грн., що виявиться у значенні цільового коефіцієнта в розмірі 263,12 грн./100кв.м.

Таблиця 3.9

Звіт про стійкість, автоматично згенерований MS Excel

		Остаточне	Зменшена	Цільова функція	Припустиме	Припустиме
Клітинка	Назва	Значення	Вартість	Коефіцієнт	Збільшення	Зменшення
\$K\$245	x1 Значення змінної	3,571428571	0	1290	1E+30	1290
\$K\$246	x2 Значення змінної	0	-6873,380282	1890	6873,380282	1E+30
\$K\$247	x3 Значення змінної	5,441176471	0	2100	1E+30	1010
\$K\$248	x4 Значення змінної	20,98591549	0	1220	1E+30	956,8823529
\$K\$249	x5 Значення змінної	0	-3481,690141	900	3481,690141	1E+30
\$K\$250	x6 Значення змінної	0	-1010	1090	1010	1E+30

Джерело: розраховано автором

Таблиця 3.9 "Звіт про стійкість", автоматично згенерований MS Excel, відображає результати чутливого аналізу після розв'язання задачі лінійного програмування за допомогою надбудови "Оптимізатор". У цій таблиці подано інформацію про змінні моделі, їхні оптимальні значення, вплив на цільову функцію та допустимі межі змін коефіцієнтів.

Кожен рядок відповідає певному виду виробничої діяльності. Наприклад, змінна x_1 означає улаштування дощатих покриттів, x_2 – покриття з деревоволокнистих плит, x_3 – покриття з деревостружкових плит, x_4 – тепло- і звукоізоляція, x_5 – основа під покриття з ДВП, а x_6 – основа під покриття з ДСП. У колонці "Остаточне значення" вказано кількість кожного виду діяльності в оптимальному плані. Якщо значення дорівнює нулю, то відповідна діяльність не включена до оптимального розв'язку. Колонка "Зменшена вартість" (або Reduced Cost) відображає, наскільки має змінитися прибутковість тієї змінної, яка наразі не використовується (тобто має нульове значення), щоб вона стала вигідною для включення до оптимального плану. Всі змінні з нульовими значеннями мають від'ємну зменшену вартість, що вказує на їхню нерентабельність у поточних умовах. Колонка "Цільова функція" містить базові значення прибутковості для кожного виду діяльності (у гривнях за 100 квадратних метрів).

Колонки "Припустиме збільшення" та "Припустиме зменшення" визначають допустимі межі змін коефіцієнтів цільової функції, за яких оптимальний план залишається незмінним. Наприклад, для змінної x_2 , що наразі не використовується (значення 0), прибутковість має зрости на понад 6873,38 грн (від початкових 1890 грн до більш ніж 8763,38 грн), щоб ця діяльність увійшла до оптимального плану. Таким чином, таблиця 3.9 є важливим інструментом для стратегічного управління виробництвом. Вона дозволяє оцінити, які види діяльності залишаються вигідними при зміні ринкових умов, які можуть бути включені до виробничої програми у разі покращення прибутковості, а також які чинники потребують перегляду в разі негативної динаміки. Це сприяє прийняттю ефективних рішень у процесі оптимізації виробничої діяльності.

У процесі розв'язання задачі лінійного програмування надзвичайно важливим є не лише знаходження оптимального плану, але й аналіз його стійкості до змін зовнішніх умов – зокрема, змін у доступності ресурсів. Для цього використовується так званий аналіз обмежень, результати якого представлені в таблиці 3.10, автоматично згенерованій надбудовою "Оптимізатор" у середовищі MS Excel. Ця таблиця відображає вплив кожного ресурсу на цільову функцію, дозволяючи виявити дефіцитні та надлишкові ресурси, а також оцінити потенційне покращення економічного результату при зміні їх кількості.

Таблиця 3.10

Аналіз обмежень та тіньових цін за результатами оптимізації

		Остаточне	Тінь	Обмеження	Припустиме	Припустиме
Клітинка	Назва	Значення	Ціна	Права сторона	Збільшення	Зменшення
\$D\$251	Saijxi Праця, люд.-год.	617,8607054	0	1124	1E+30	506,1392946
\$E\$251	Saijxi Пилка дискова електрична, маш.год.	14,05252101	0	70	1E+30	55,94747899
\$F\$251	Saijxi Цвяхи, кг	115,3361345	0	147,5	1E+30	32,16386555
\$G\$251	Saijxi Мاستика, кг	0	0	600	1E+30	600
\$H\$251	Saijxi Дошки, куб.м	13,25	347,7088949	13,25	4,554501572	13,25
\$I\$251	Saijxi Плити деревноволокнисті, кв.м	596	42,95774648	596	1945,109062	596
\$J\$251	Saijxi Плити деревностружкові, кв.м	555	20,58823529	555	820,1785714	555

Джерело: розраховано автором

Таблиця 3.10 містить ключові показники для кожного ресурсу: остаточне значення використаного ресурсу в оптимальному плані, тіньову ціну (або граничний приріст цільової функції при збільшенні ресурсу на одиницю), початкове значення обмеження (права сторона), а також допустимі межі його збільшення чи зменшення без зміни оптимального розв'язку. Згідно з таблицею, ресурси, для яких тіньова ціна дорівнює нулю (праця, пилка, цвяхи, мастика), є надлишковими – тобто навіть при їх незначному скороченні оптимальний план залишатиметься чинним. Натомість ресурси з ненульовими тіньовими цінами (дошки, плити деревноволокнисті, плити деревностружкові) є дефіцитними, і їх додаткове надходження дозволило б збільшити значення цільової функції – прибуток підприємства.

Проведений глибокий аналіз, що охоплює застосування лінійного програмування та комплексного аналізу стійкості за допомогою "Розв'язувача" (Solver) у MS Excel, переконливо демонструє практичну реалізацію та високу ефективність економічного інструментарію для управління вартістю життєвого циклу об'єктів будівництва. Це підтверджує, що складні економіко-математичні методи можуть бути не лише успішно інтегровані в повсякденну управлінську практику будівельних підприємств, а й є незамінними для прийняття гнучких та обґрунтованих рішень.

Ключовим є те, що ця оптимізація виробничої діяльності, хоча безпосередньо спрямована на максимізацію операційного прибутку підприємства, створює прямий і значний вплив на зниження сукупної вартості життєвого циклу будівельного об'єкта. Збільшення рентабельності досягається за рахунок таких фундаментальних чинників, як раціоналізація використання ресурсів, зменшення собівартості виробничих процесів, мінімізація втрат та підвищення загальної ефективності виконання робіт на етапі будівництва. Ці заходи не лише знижують початкові капітальні витрати, а й закладають надійний фундамент для суттєвого зниження подальших експлуатаційних витрат протягом усього життєвого циклу об'єкта завдяки підвищенню його якості, довговічності та енергоефективності.

Комплексний аналіз стійкості, що включає "Звіт про стійкість" для змінних (табл. 3.9) та "Звіт про обмеження" (табл. 3.10), є наріжним каменем розробленого організаційного інструментарію. Аналіз "Зменшеної вартості" (Reduced Cost) дозволяє керівництву чітко ідентифікувати нерентабельні у поточних умовах види діяльності та кількісно оцінити, наскільки має зрости їхня прибутковість, щоб вони стали вигідними для включення до оптимального плану. Це надає стратегічні орієнтири для перегляду виробничих процесів, технологій або ціноутворення. Одночасно, визначення допустимих меж зміни коефіцієнтів цільової функції (прибутковості) для кожного виду діяльності дає змогу оцінити стабільність оптимального плану та своєчасно реагувати на коливання ринкових умов, що є критично важливим для забезпечення гнучкості та стійкості бізнесу.

Крім того, аналіз обмежень та їхніх тіньових цін (табл. 3.10) є потужним управлінським інструментом для раціонального розподілу ресурсів. Чітке розрізнення дефіцитних ресурсів (з ненульовою тіньовою ціною), додаткове залучення яких обіцяє зростання прибутку, та надлишкових ресурсів (з нульовою тіньовою ціною), дозволяє обґрунтувати доцільність інвестицій у розширення ресурсних можливостей або, навпаки, оптимізацію їх закупівлі та використання. Розуміння допустимих меж збільшення чи зменшення ресурсів без зміни оптимального розв'язку забезпечує оперативність прийняття рішень та мінімізує потребу у постійних перерахунках.

Таким чином, запропонований організаційно-економічний інструментарій, заснований на моделюванні та аналізі стійкості, забезпечує синергетичний ефект, що сприяє балансуванню інтересів усіх учасників інвестиційно-будівельного процесу. Підвищення прибутку підрядника через оптимізацію, одночасно призводить до формування оптимальної вартості життєвого циклу для інвестора та кінцевого споживача. Це не лише збільшує інвестиційну привабливість об'єкта та його цінність протягом усього терміну служби, а й створює міцну основу для розробки обґрунтованих рекомендацій щодо ефективного планування, раціонального використання ресурсів, стратегічного управління витратами.

3.2. Обґрунтування мінімізації витрат на перевезення будівельних вантажів за допомогою транспортної задачі та її вплив на управління вартістю життєвого циклу об'єкта будівництва

Після розгляду оптимізації внутрішньої виробничої діяльності, не менш важливим аспектом формування організаційно-економічного інструментарію управління вартістю життєвого циклу об'єктів будівництва є раціоналізація зовнішніх процесів, зокрема логістичних операцій. Витрати на транспортування будівельних вантажів становлять значну частку у структурі собівартості будівельно-монтажних робіт, безпосередньо впливаючи на початкову вартість об'єкта та, як наслідок, на його сукупну вартість протягом життєвого циклу.

Цей підрозділ присвячений обґрунтуванню та застосуванню транспортної задачі як ефективного економіко-математичного інструменту для мінімізації витрат на перевезення будівельних матеріалів та обладнання. Метою є не лише зниження прямих логістичних витрат (паливо, амортизація, оплата праці), але й опосередкований вплив на загальні терміни будівництва, якість збудованого об'єкта та мінімізацію ризиків, пов'язаних із логістичними збоями. Впровадження оптимальних логістичних рішень є критично важливим організаційним заходом, що дозволяє підвищити ефективність використання ресурсів, зменшити капітальні витрати проєкту та, у кінцевому підсумку, забезпечити формування економічно обґрунтованої вартості життєвого циклу будівельного об'єкта, що відповідає інтересам усіх учасників інвестиційно-будівельного процесу.

Використання транспортної задачі безпосередньо впливає на управління вартістю життєвого циклу об'єкта будівництва. Будівництво, як комплексний процес, має тривалий життєвий цикл – від проєктування до експлуатації та утилізації. На кожному з етапів цього циклу вартість реалізації може суттєво змінюватися залежно від прийнятих управлінських рішень. Раціоналізація логістичних процесів на етапі будівництва дозволяє зменшити вартість створення об'єкта, що, у свою чергу, знижує загальну вартість життєвого циклу. Ефективне планування транспортування вантажів також знижує навантаження на

інфраструктуру, забезпечує своєчасність виконання робіт, а отже – сприяє уникненню затримок, штрафних санкцій і перевитрат.

Таким чином, мінімізація витрат на перевезення будівельних вантажів шляхом використання транспортної задачі є не лише інструментом скорочення витрат у межах виробничої програми, а й важливою складовою стратегічного управління проєктом у контексті всього життєвого циклу об'єкта. Вона забезпечує економічну доцільність, підвищує конкурентоспроможність і сприяє досягненню сталого розвитку в будівельній сфері.

У відповідності із оптимальним рішенням потреба у цвяхах складає: 115,3 кг/місяць. Підприємство планує закупити річний запас, який, окрім поточної виробничої потреби, враховує страховий запас в розмірі 24%. Отже, для безперебійного виконання замовлень підприємству доведеться закупити 8500 кг цвяхів. Цей запас буде зберігатись на 3-х складах, які підприємство орендує, а тому доводиться враховувати обмеження на місткість місць зберігання, а саме:

- Склад № 1 буде містити 28% запасу, або 2380 кг;
- На складі № 2 буде розміщено 32% запасу, або 2720 кг;
- Решта цвяхів зберігатиметься на складі № 3, тобто 40% запасу, або 3400 кг.

Об'єкти, які потребують ремонту дерев'яних підлог, розміщено у 5 районах міста, і їх розташування не збігається із місцям зберігання ресурсів. Це пояснюється настільки високими ставками оренди складських приміщень, що витрати на транспортування, компенсовані замовниками згідно даних кошторисної документації, виявляються меншими, фактичні аніж заготівельно-складські витрати. Втім, кошторисну вартість будівельних матеріалів доводиться визначати у відповідності до Настанови із визначення вартості будівництва, зазвичай транспортні витрати враховуються за усередненими показниками. Станом на січень 2024 рік ці показники для цвяхів визначено наступним чином (табл. 3.11).

Таблиця 3.11

**Показники провізної плати для допоміжних матеріалів (спецодяг,
інструменти, тощо)**

Відстань перевезення, км	Усереднені показники транспортних витрат на 1 т, грн
10	175,83
20	285,94
30	396,51
40	463,33
50	563,07
60	663,53
70	763,39
На кожні 10 км додавати, грн. т	
від 71 км до 100 км	101,41
від 101 км до 200 км	101,04
від 201 км до 500 км	100

Джерело: розраховано автором

Якщо відстань перевезень, визначена відповідно до протяжності автомобільних шляхів, обчислених за допомогою карт автодоріг, не є круглим числом, слід за даними табл. 3.11. виконати інтерполяційні розрахунки. Зокрема, у випадку перевезення вантажу від складу № 3 до об'єкту "Школа мистецтв" – постійного клієнта ТОВ «Енерго Інжиніринг», потрібно здолати відстань у 53 км, при цьому вартість перевезення 1 тони становитиме $563,07 + 3/10 \cdot (663,53 - 563,07) = 593,21$.

У перерахунку на 1 кг вартість перевезення цвяхів за маршрутом "Склад № 3 – "Школа мистецтв" становитиме 5,93 грн./кг. У табл. 3.12. подано матрицю відстаней від складських потужностей ТОВ «Енерго Інжиніринг» до об'єктів виконання робіт, а у табл. 3.13. – матрицю транспортних тарифів для відповідних маршрутів розвезення будівельних матеріалів, причому тариф встановлено у грн. за кг доставки на відповідну віддаль. Також у табл. 3.13. наведено інші вихідні дані, необхідні для знаходження оптимальних обсягів перевезень за допомогою побудови та розв'язку транспортної задачі лінійного програмування.

Таблиця 3.12

**Матриця відстаней перевезень будівельних матеріалів ТОВ «Енерго
Інжиніринг», км**

Об'єкти виконання робіт	Складські потужності		
	№1	№2	№3
1. Об'єкт №1	15	35	50
2. Об'єкт №2	25	35	20
3. Об'єкт №3	45	15	50
4. Об'єкт №4	55	30	35
5. Об'єкт №5	30	55	53

Джерело: розраховано автором

Таблиця 3.12 подає вихідні дані для побудови транспортної моделі, що використовується для оптимізації логістики перевезень будівельних матеріалів між складськими потужностями та об'єктами виконання робіт ТОВ «Енерго Інжиніринг». Кожна клітинка матриці містить значення відповідної відстані між складом і об'єктом.

Наприклад, доставка матеріалів з складу №1 до Об'єкту №1 потребує подолання 15 км, а з складу №2 до Об'єкту №2 – лише 15 км, що є найменшою відстанню в усьому наборі даних. Найбільша ж відстань – 55 км – спостерігається при доставці з складу №1 до Об'єкту №4.

Ця матриця є основою для побудови транспортної задачі, де відстані виступають коефіцієнтами витрат. В подальшому, при визначенні оптимального плану перевезень, ці дані можуть бути конвертовані у вартісні показники (наприклад, з урахуванням витрат на паливе, амортизацію, оплату праці водіїв тощо) з метою мінімізації загальних витрат на транспортування будівельних матеріалів у рамках виконання виробничої програми.

Таким чином, табл. 3.12 дозволяє формалізувати географічну структуру постачань, оцінити потенційні логістичні витрати та застосувати математичні методи оптимізації для прийняття раціональних управлінських рішень.

Таблиця 3.13

**Матриця транспортних тарифів перевезень будівельних матеріалів ТОВ
«Енерго Інжиніринг», грн. та додаткова інформація про виробничі потреби і
можливості зберігання ресурсів**

Об'єкти виконання робіт	Складські потужності			Сумарна потреба	
	№1, А1	№2, А2	№3, А3	% річного портфелю замовлень	обсяг, кг
1. Об'єкт №1, В1	2,31	3,96	5,63	15%	1275
2. Об'єкт №2, В2	3,41	4,3	2,86	16%	1360
3. Об'єкт №3, В3	4,63	2,31	6,13	18%	1530
4. Об'єкт №4, В4	5,63	3,97	4,3	40%	3400
5. Об'єкт №5, В5	3,96	6,13	5,93	11%	935
Загальний запас	2380	2720	3400	8500	

Джерело: розраховано автором

Згідно вихідних даних маємо наступну постановку транспортної задачі:

Цільова функція:

$$2.31 \times x_{11} + 3.41 \times x_{21} + 4.63 \times x_{31} + 5.63 \times x_{41} + 3.96 \times x_{51} + 3.96 \times x_{12} + 4.3 \times x_{22} + \\ + 2.31 \times x_{32} + 3.97 \times x_{42} + 6.13 \times x_{52} + 5.63 \times x_{13} + 2.86 \times x_{23} + 6.13 \times x_{33} + 4.3 \times x_{43} + \\ + 5.93 \times x_{53} = \min \quad (3.4)$$

Обмеження на потужність пунктів постачання m постачальників:

• $x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} + x_{51} \leq 2380$. Це означає, що обсяги перевезень зі складу №1 на всі об'єкти виконання робіт не перевищать наявного там запасу 2380 кг.

• $x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} + x_{52} \leq 2720$. Тобто вантаж, який буде розвозитись зі складу № 2, не перевищуватиме 32% запасу, або 2720 кг;

• $x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43} + x_{53} \leq 3400$. Іншими словами, маса цвяхів, що перевозитимуться зі складу № 3 на об'єкти, не буде більшою за 40% запасу, або 3400 кг.

Обмеження на потреби пунктів призначення n одержувачів:

• $x_{11} + x_{12} + x_{13} = 1275$. Потреби у цвяхах для Об'єкта №1 мають задовольнятися повністю.

• $x_{21} + x_{22} + x_{23} = 1360$. Потреби у цвяхах для Об'єкта №2 мають задовольнятися повністю.

• $x_{31}+x_{32}+x_{33}=1530$. Потреби у цвяхах для Об'єкта №3 мають задовольнятися повністю.

• $x_{41}+x_{42}+x_{43}=3400$. Потреби у цвяхах для Об'єкта №4 мають задовольнятися повністю.

• $x_{51}+x_{52}+x_{53}=935$. Також потрібно на всі 100% задовольнити потребу у цвяхах на роботах на Об'єкті №5

Загальна кількість обмежень $m+n$, проте насправді при розв'язанні задачі доведеться заповнювати із розрахунками $m+n-1$.

Майже одразу, без додаткових ітеративних перерахунків стає можливим розв'язати дану задачу методом апроксимації Фогеля. При цьому опорне рішення даватиме суму транспортних витрат, максимально близьку до мінімальної.

З цією метою потрібно скласти матрицю транспортних тарифів, доповнивши її додатковими стовпчиками і рядочками. Ці додаткові клітинки заповнюють різницями мінімальним та тим значенням транспортних витрат, що передуює мінімальному в упорядкуванні значень тарифів за їх розміром.

Різниці транспортних тарифів, обчислені у такий спосіб будуть характеризувати ціну помилкового рішення, тобто збільшення витрат підприємства у разі відмови від найдешевшого маршруту. Хоча не завжди така відмова буде свідчити про помилку: інколи її доведеться зробити свідомо, насамперед через дефіцитність ресурсів.

Таким чином, аналіз та оптимізація транспортних витрат на основі таблиці 3.12 та методу Фогеля є важливою складовою системи управління вартістю життєвого циклу об'єкта. Вони дозволяють:

- раціоналізувати логістичну систему постачань;
- забезпечити баланс між економією коштів і наявністю ресурсів;
- приймати обґрунтовані управлінські рішення в умовах обмежень;
- мінімізувати ризики перевитрат у процесі будівництва.

У результаті – оптимізуються як локальні витрати на логістику, так і глобальні витрати по всьому життєвому циклу об'єкта, підвищуючи ефективність інвестицій у будівництво.

Допоміжна таблиця із обчисленням ціни втрат відмови від найдешевших маршрутів наведена у табл. 3.14.

Таблиця 3.14

Різниці мінімальних тарифів по варіантах перевезень

Об’єкти виконання робіт	Складські потужності			Розмір втрат в розрізі пунктів призначення				Залишок потреби
	№1	№2	№3					
A	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Об’єкт №1, В1	2,31	3,96	5,63	1,65	1,65			1275
2. Об’єкт №2, В2	3,41	4,3	2,86	0,55	0,55	1,44		1360
3. Об’єкт №3, В3	4,63	2,31	6,13	2,32				1530
4. Об’єкт №4, В4	5,63	3,97	4,3	0,33	0,33	0,33	0,33	3400
5. Об’єкт №5, В5	3,96	6,13	5,93	1,97	1,97	0,2	0,2	935
6.Загальний запас	2380	2720	3400					8500
Розмір втрат в розрізі пунктів відправлення	1,1	1,65	1,44	2,32				Максимальна різниця (втрата від заміни "найдешевшого" маршруту)
	1,1	0,01	1,63		1,97			
	1,1	0,01	1,63			1,63		
		0,01	1,63				1,63	

Джерело: розраховано автором

На кожній із ітерацій слід шукати різницю між мінімальним тарифом і "СУСІДОМ" – тарифом, передостаннім за розміром. Різниці знаходять по рядках і стовпчиках. Із усіх різниць, які утворюють "обрамлення" знаходять максимальну, що й визначає "пріоритетний маршрут", нехтування яким збільшить втрати якнайбільшою мірою.

Так, для визначення першого маршруту перевезення було визначено максимальний елемент серед 4-ї графі та 7-го рядка 2,32 грн./кг. Це втрати, на доставку кожного кілограму цвяхів, якщо відмовитись від маршруту: Склад №2 – об'єкт №3. У табл. 3.15 проставлене мінімальне значення між запасом Склад №2 і потребою – об'єкт №3. У табл. 3.14. викреслюють той рядок, потребу якого задоволено, або той стовпчик, запас якого вичерпано. Згідно розрахунків потрібно викреслити рядок об'єкт №3.

На другій ітерації слід перерахувати мінімуми по рядках/стовпчиках, тому у табл. 3.14. розглядаємо максимум із мінімальних різниць по 1,97. Цей максимум складає 1,97 грн./кг. Він відображає мінімальні втрати підприємства у разі

відмови від маршруту Склад №1 – об'єкт №1. У табл. 3.15 проставлене мінімальне значення між запасом Склад №1 і потребою – об'єкт №1.

У табл. 3.14 викреслюють той рядок, потребу якого задоволено, або той стовпчик, запас якого вичерпано. Згідно розрахунків потрібно викреслити рядок об'єкт №1.

Третя ітерація починається із перерахунку мінімумів по рядках/стовпчиках, тому у табл. 3.14. розглядаємо максимум із мінімальних різниць по 1,63. Цей максимум складає 1,63 грн./кг. Він відображає мінімальні втрати підприємства у разі відмови від маршруту. Склад №1 – об'єкт №5. У табл. 3.15 проставлене мінімальне значення між запасом. Склад №1 і потребою – об'єкт №5. У табл. 3.14. викреслюють той рядок, потребу якого задоволено, або той стовпчик, запас якого вичерпано. Згідно розрахунків потрібно викреслити рядок об'єкт №5.

Четверта ітерація пов'язана із перерахунками різниць по стовпчиках. Максимум різниць мінімумів складає 1,44 грн./кг. Тому слід обрати маршрут Склад №3 – об'єкт №2. Обсяг перевезення 1360 кг. Було викреслено рядок об'єкт №2.

Для п'ятої ітерації зроблено перерахунки рядків та стовпчиків. За порівнянням максимумів різниць рядків та стовпчиків обрано маршрут: Склад №3 – об'єкт №4. Обсяг перевезень згідно залишків запасів і потреб. 2040 Відмова від цього маршруту спричинить втрати 1,63 грн. на кожен кг цвяхів. Внаслідок вибору маршруту потрібно викреслити стовпчик Склад №3.

По завершенні вищевикладених 5 ітерацій залишились запаси тільки на 1 складі: Склад №2. Тому доведеться задовольнити виробничі потреби, погоджуючись із існуючими тарифами, адже всі можливості вибору вже вичерпано. Залишок потреби об'єкту №4 1360 кг буде доставлено за тарифом 3,97 грн./кг. У відповідності із наближеним розв'язком (табл. 3.15.) всі потреби задоволено, а запаси використано. Відсутні як надлишки, так і нестачі.

Таблиця 3.15

Опорний розв'язок транспортної задачі за методом апроксимації Фогеля

Отримувач/Постачальник (склад)	№1	№2	№3	Обсяг поставок	Залишок потреби
1. Об'єкт №1, В1	1275	0	0	1275	0
2. Об'єкт №2, В2	0	0	1360	1360	0
3. Об'єкт №3, В3	0	1530	0	1530	0
4. Об'єкт №4, В4	0	1360	2040	3400	0
5. Об'єкт №5, В5	935	0	0	935	0
Використаний запас	2210	2890	3400		
Залишок запасу	170	-170	0		

Джерело: розраховано автором

Таблиця 3.15 містить опорний розв'язок транспортної задачі, розв'язаної за методом апроксимації Фогеля. У таблиці представлені дані щодо постачання товарів від постачальників до отримувачів. У першій колонці вказано отримувачів товару, а в наступних трьох колонках (№1, №2, №3) зазначено кількість одиниць товару, що постачаються від кожного постачальника до отримувачів. Останні два стовпці таблиці відображають загальний обсяг поставок та залишок потреби кожного отримувача. Так, відділення зв'язку отримує 1275 одиниць товару, музичний театр – 1360 одиниць, арт-галерея – 1530 одиниць, політехнічний коледж – 3400 одиниць, а школа мистецтв – 935 одиниць. У стовпці «Використаний запас» вказано, скільки товару було використано кожним постачальником для виконання поставок, зокрема 2210 одиниць для постачальника №1, 2890 одиниць для постачальника №2 і 3400 одиниць для постачальника №3. У стовпці «Залишок запасу» відображено залишки товару після виконання поставок: для постачальника №1 залишок становить 170 одиниць, для постачальника №2 - 170 одиниць (що означає дефіцит), а для постачальника №3 залишок запасу дорівнює 0. Метод апроксимації Фогеля дозволяє визначити оптимальний початковий розподіл товарів між постачальниками і отримувачами з мінімальними витратами на транспортування.

Загальна сума витрат за даним рішенням становить: **28242,95** Деталізація розрахунку:

$$2,31 \cdot 1275 + 3,96 \cdot 0 + 5,63 \cdot 0 + 3,41 \cdot 0 + 4,3 \cdot 0 + 2,86 \cdot 1360 + 4,63 \cdot 0 + 2,31 \cdot 1530 + 6,13 \cdot 0$$

Із 15 значень змінних в оптимальному рішенні ненульових 6. Вони відображають, у який спосіб та у яких обсягах слід розвозити цвяхи по місцях виконання робіт.

- Склад №1 – Об'єкт №1, обсяг перевезень за рік 1275 кг.
- Склад №1 – Об'єкт №5 річний обсяг перевезень 935 кг.
- Склад №2 – Об'єкт №3 обсяг перевезень за рік 1530 кг.
- Склад №2 – Об'єкт №4 річний обсяг перевезень 1360 кг.
- Склад №2 – Об'єкт №5 обсяг перевезень за рік 0 кг.
- Склад №3 – Об'єкт №2 річний обсяг перевезень 1360 кг.
- Склад №3 – Об'єкт №4 обсяг перевезень за рік 1360 кг.

Решта клітин табл. 3.15. містять рівність нулеві і відображають ті маршрути доставки вантажу, які не слід використовувати в роботі, а саме:

- Склад №1 – Об'єкт №2.
- Склад №1 – Об'єкт №3.
- Склад №1 – Об'єкт №4.
- Склад №2 – Об'єкт №1.
- Склад №2 – Об'єкт №2.
- Склад №3 – Об'єкт №1.
- Склад №3 – Об'єкт №3.
- Склад №3 – Об'єкт №5.

Транспортну задачу можна було б розв'язати і за допомогою "Розв'язувача". Для цього потрібно оформити вихідні дані в окремій книзі Excel, яка не містить інших випадків запуску розв'язувача.

Оформлення вихідних даних передбачає повторний запис матриць відправлення-призначення: окрім таблиці із транспортними тарифами, для виводу розв'язків задачі потрібна окрема матриця. Адже особливість транспортної задачі – матриця оптимального розв'язку pxm , що містить нульові і ненульові елементи.

У табл. 3.16, наведено макет підготовчої таблиці і оптимального розв'язку, отриманого за допомогою "Розв'язувача" Excel.

Таблиця 3.16

Електронний макет транспортної задачі

Об’єкти виконання робіт		Складські потужності					
		№1		№2		№3	
1. Об’єкт №1, В1		2,31		3,96		5,63	
2. Об’єкт №2, В2		3,41		4,3		2,86	
3. Об’єкт №3, В3		4,63		2,31		6,13	
4. Об’єкт №4, В4		5,63		3,97		4,3	
5. Об’єкт №5, В5		3,96		6,13		1660	
Масив клітин для розв’язку задачі				Масив клітин на обмеження для потреб одержувачів			
Об’єкти виконання робіт	Складські потужності			Ліва частина, фактичне виконання потреб	Права частина, потреба за умовою		
	№1	№2	№3				
1. Об’єкт №1, В1	1079	166	0	1245	1360		
2. Об’єкт №2, В2	0	0	1660	1660	1530		
3. Об’єкт №3, В3	0	1494	0	1494	3400		
4. Об’єкт №4, В4	0	1660	1660	3320	935		
5. Об’єкт №5, В5	581	0	0	581	8500		
Ліва частина, фактичне використання складських запасів	1660	3320	3320				
Права частина, запаси за умовою	2210	2890	3400				
Цільова функція	МІНІМУМ ТРАНСПОРТНИХ ВИТРАТ			27377,55			

Джерело: розраховано автором

Отримане рішення не збігається із опорним рішенням, побудованим за методом апроксимації Фогеля. Кращим є варіант комп'ютерної оптимізації, оскільки він забезпечує суму витрат, яка на 865,4 грн. менша.

В оптимальному варіанті розв'язку довелося відмовитись від таких поїздок:

- Склад №1 – Об'єкт №2
- Склад №1 – Об'єкт №3
- Склад №1 – Об'єкт №4
- Склад №2 – Об'єкт №2
- Склад №3 – Об'єкт №1
- Склад №3 – Об'єкт №3
- Склад №3 – Об'єкт №5

Натомість з'явилися такі перевезення:

- Склад №1 – Об'єкт №1
- Склад №1 – Об'єкт №5
- Склад №2 – Об'єкт №3
- Склад №2 – Об'єкт №4
- Склад №3 – Об'єкт №2
- Склад №3 – Об'єкт №4

Проведений аналіз транспортної задачі демонструє ефективність використання економіко-математичних методів для оптимізації логістичних процесів у будівельній галузі, що є ключовим елементом організаційно-економічного інструментарію управління вартістю життєвого циклу об'єктів будівництва. Зокрема, було доведено, що мінімізація витрат на перевезення будівельних вантажів прямо впливає на зниження загальних витрат на етапі створення об'єкта, а отже, і на сукупну вартість його життєвого циклу.

Застосування методів, таких як метод апроксимації Фогеля, дозволяє визначити початковий раціональний розподіл вантажопотоків. Проте, як показано, комп'ютерна оптимізація за допомогою "Розв'язувача" (Solver) у MS Excel забезпечує вищий рівень ефективності, дозволяючи досягти істотнішої економії. Це підкреслює переваги сучасних програмних засобів у порівнянні з класичними "ручними" методами, забезпечуючи більш точне та вигідне рішення. Виявлена різниця у 865,4 грн на користь комп'ютерної оптимізації яскраво

ілюструє її практичну цінність та значні резерви для економії, які можуть бути виявлені та реалізовані.

Оптимальний розподіл вантажів, визначений у процесі розв'язання транспортної задачі, дозволяє не лише знизити прямі логістичні витрати (на паливо, амортизацію техніки, оплату праці), а й зменшити супутні витрати та ризики, такі як простій техніки, затримки поставок, або необхідність зберігання надлишкових матеріалів. Це сприяє підвищенню ефективності всієї виробничої програми будівельного підприємства, забезпечуючи безперебійне постачання необхідних ресурсів до місць виконання робіт.

Таким чином, інтеграція транспортної задачі в систему управління вартістю життєвого циклу дозволяє не тільки підвищити економічну ефективність функціонування будівельних підприємств, а й забезпечити оптимальну вартість створення об'єкта, що має довгостроковий позитивний вплив на його експлуатаційні показники та загальну рентабельність для інвесторів та кінцевих споживачів. Це підкреслює важливість системного підходу до управління витратами на всіх етапах життєвого циклу та роль логістики як ключового чинника у досягненні конкурентоспроможності та сталого розвитку в будівельній галузі.

3.3. Обґрунтування мінімізації витрат на ремонт будівельних машин і механізмів для мінімізації простоїв техніки у ремонті за методом задачі динамічного програмування

Зв'язок між мінімізацією витрат на ремонт будівельних машин і механізмів для мінімізації простоїв техніки під час ремонту за методом задачі динамічного програмування та життєвим циклом об'єкта будівництва полягає в оптимізації процесу використання будівельної техніки через її ефективне обслуговування. Життєвий цикл об'єкта будівництва включає етапи планування, проєктування, будівництва, експлуатації та, зрештою, демонтажу. У процесі будівництва техніка

є основним ресурсом для виконання робіт, і її простої через несправності або необхідність ремонту можуть значно затримати виконання проєкту, що впливає на витрати та терміни. Задача динамічного програмування дозволяє знайти оптимальні рішення для мінімізації простоїв техніки, знижуючи витрати на її ремонт та зберігаючи ефективність робочих процесів на будівельному майданчику. Це досягається шляхом оптимального планування часу ремонту та обслуговування техніки, що дозволяє мінімізувати час, коли техніка не працює.

Витрати на ремонт техніки безпосередньо впливають на загальний бюджет будівництва, а зниження часу її простою дозволяє зменшити додаткові витрати та зберегти терміни виконання робіт. Застосування методу динамічного програмування дає змогу розбити проблему на етапи, кожен з яких представляє певний період експлуатації техніки, де потрібно прийняти рішення про ремонт, його тривалість і витрати. Таке планування дозволяє не тільки знизити витрати на ремонти, але й підвищити ефективність використання техніки на кожному етапі життєвого циклу будівництва. Техніка, яка працює без перебоїв, дозволяє зменшити загальні витрати на проєкт, оскільки знижуються затримки та підвищується продуктивність робіт. Оптимізація ремонту через динамічне програмування також передбачає оцінку зношування техніки, вибір оптимальних моментів для проведення ремонту та визначення витрат на обслуговування, що дозволяє підтримувати високий рівень ефективності будівництва в цілому. Тому методи динамічного програмування є важливим інструментом для забезпечення безперебійної роботи техніки, мінімізації витрат на її ремонт та підтримання оптимальних темпів будівництва.

ТОВ «Енерго Інжиніринг» зацікавлено в мінімальних втратах робочого часу через простої обладнання у ремонті. Тобто сприятливі передумови для стабільної діяльності пов'язані із збільшенням тривалості міжремонтного циклу. Залежно від типу машин, інтенсивності експлуатації, строку служби міжремонтний цикл для різних видів техніки може відрізнятись.

Ще один фактор зміни тривалості міжремонтного циклу – обсяг фінансування витрат на капітальний ремонт: за більших витрат стає можливим

замінити зношені деталі кращими, і тим самим підвищити тривалість безвідмовної роботи техніки.

У табл. 3.17 наведено результати експертних оцінок залежності міжремонтного циклу від витрат на ремонт обладнання.

Такі оцінки було обґрунтовано фахівцями ремонтних підрозділів на чолі із головним механіком, спеціалістами економічного відділу, а також враховано висновки фахівців спеціалізованих сервісних центрів.

Ці дані (табл. 3.17) складають вихідні умови задачі динамічного програмування. За умов обмеженого бюджету, підприємство має так розподілити кошти за статтями витрат на ремонт 4-х машин, щоб максимізувати тривалість безвідмовної роботи техніки. Бюджетне обмеження встановлено на рівні 50 тис. грн. річних витрат.

Таблиця 3.17

Взаємозв'язок між витратами на ремонт будівельної техніки і тривалістю її безвідмовної роботи

Сума витрат, тис.грн.	Тривалість міжремонтного циклу відремонтованої техніки, днів			
	Пилка дискова електрична	Машина паркетно- стругальна	Машина паркетно- шліфувальна	Рубанок електричний
0	0	0	0	0
10	15	18	20	15
20	39	36,5	38	40
30	48,5	56	47	48
40	64	65	53	74
50	84	80	79	82

Джерело: розраховано автором

У таблиці 3.17 представлено наслідки витрат на капітальний ремонт основних машин і механізмів, використовуваних ТОВ «Енерго Інжиніринг». Доцільність ремонту визначається збільшенням міжремонтного циклу – кількістю днів безвідмовної роботи техніки: чим він довший, тим краще.

Потрібно так розподілити кошти, обмежені загальною сумою витрат у 50 тис. грн., щоб забезпечити максимальний період роботи без поломок по якнайбільшій кількості машин і механізмів.

Розрахунки виконуємо, починаючи із "крайньої" точки розподілу, коли одна сума виділяється на 1 машину. При цьому, звичайно, варто обрати ту, де період між відмовами буде максимальним.

Це – пилка дискова електрична із очікуваною тривалістю міжремонтного циклу 84 днів. Варіантів розподілу бюджету на 2 суми може бути 2: або 10 тис. грн. і 40 тис. грн., або 20 тис. грн. і 30 тис. грн.

За таких умов насамперед віддати пріоритет 1 машині і незначну суму вкласти в оновлення іншої. При цьому варто зробити наступний вибір, з огляду на максимум ефективності.

Звичайно, вибір машини для меншої суми фінансування доводиться здійснювати із решти, оскільки один вид техніки вже профінансовано. Варто розглянути всі варіанти, але ми зосередили увагу на найбільш ефективних. При цьому кошти мають виділятися різним машинам.

Якщо один із видів техніки забезпечує максимальну віддачу серед інших за різних варіантів фінансування, слід обрати тільки один. Тоді решту суми буде віддано тим машинам, ефект від ремонту яких максимальний за відсутності у переліку вже профінансованої техніки.

Максимальну віддачу від витрачання на ремонт 40 тис. грн., згідно табл. 3.17 демонструє рубанок електричний 74 днів міжремонтного циклу. Решту бюджету 10 тис. грн. доцільно витратити на ремонт такої машини, як машина паркетно-стругальна.

Виграш від таких вкладень становитиме 18 дні безвідмовної роботи. Загальний виграш у машино-днях від розподіленої суми становитиме 92. Інший варіант розподіл двох сум в межах бюджету наступний:

- 30 тис. грн. – ремонт машини: машина паркетно-стругальна, що дозволить їй працювати без зупинок 56 дні.

- 20 тис. грн. – ремонт машини: пилка дискова електрична, що дозволить їй працювати без зупинок 39 дні.

Подібний варіант розподілу спричинить можливість безвідмовної роботи у 95 машино-днів. Виявляється, що обидва варіанти поділу сум забезпечують кращі

результати попри із однією "моносумою" витрачання на забезпечення безвідмовної роботи.

Втім із двох варіантів ремонту, 4 по 2 машини у кожному, варто віддати перевагу: $20+30/40+10$, який гарантує додаткові 3 днів безперебійної роботи.

У зв'язку із цим виникає питання доцільності подальшого подрібнення розподілу бюджету, а саме між трьома машинами. При цьому також можливі два варіанти: $30+10+10$, або $20+20+10$ тис. грн.

Способи розподілу коштів наступні:

Більш "контрастний" за обсягом витрачання варіант:

- 30 тис. грн. – ремонт машини: Машина паркетно-стругальна, що дозволить їй працювати без зупинок 56 дні.

- 10 тис. грн. – ремонт машини: Пилка дискова електрична із досягненням тривалості роботи між поломками у 15 дні.

- 10 тис. грн. – ремонт машини: Машина паркетно-шліфувальна із досягненням тривалості роботи між поломками у 20 дні.

Хоча Машина паркетно-стругальна демонструє вищу віддачу вкладень у ремонт, незалежно від суми витрат, її не розглядають під час розподілу дрібних сум.

Сумарна віддача від такого розподілу коштів 91 загальної кількості машино-днів роботи без поломок.

Більш "однорідний" варіант фінансування ремонту наступний:

- 20 тис. грн. – ремонт машини: Пилка дискова електрична із досягненням тривалості роботи між поломками у 39 дні.

- 20 тис. грн. – ремонт машини: Машина паркетно-стругальна, що дозволить їй працювати без зупинок 36,5 дні.

- 10 тис. грн. – ремонт машини: Машина паркетно-шліфувальна із досягненням тривалості роботи між поломками у 20 дні.

Разом машинний час роботи без відмов становитиме: 95,5 машино-днів. Розподіл сум витрат на ремонт між трьома машинами вигідний, порівняно із

варіантом одної машини. Натомість три машини гірше від двох машин, оскільки менше часу на роботу без перебоїв.

Останній спосіб розподілу усієї доступної суми у 50 тис. грн., дає змогу профінансувати капітальний ремонт кожної із машин, однак максимальна сума, що може бути виділена для однієї із них – лише 20 тис. грн. Іншу техніку за таких умов стає можливим полагодити лише у мінімальній мірі – в межах 10 тис. грн.

Подібний розподіл доведеться виконати так, щоб більшу суму витратити на машину із максимальною надійністю – максимальним значенням у рядку "20" табл. 3.17. Тобто у цьому рядку слід знайти максимум, оскільки будь-яка машина при витратах на ремонт у 10 тис. грн. не забезпечує більшу надійність, ніж мінімально можлива при витратах у 20 тис. грн.

Іншими словами, жоден показник із рядку "10" табл. 3.17 не перевищує мінімальної величини із рядку "20" цієї табл., а саме 36,5 днів. Згідно даних умови виконуваного варіанту максимальну суму 20 тис. грн. потрібно витратити на ремонт машини. Рубанок електричний, що дозволить відтермінувати її поломку на 40 днів. Решту машин доведеться ремонтувати в такому обсязі, щоб витрату на кожну склали по 10 тис. грн.

Наслідки такого рішення проявлятимуться у таких показниках тривалості міжремонтного циклу:

- Пилка дискова електрична 15 днів
- Машина паркетно-стругальна 18 днів
- Машина паркетно-шліфувальна 20 днів

Загальна тривалість бездоганної роботи будівельної техніки при цьому становитиме 93 машино-днів.

У табл. 3.18 систематизовано ефективність всіх вищевикладених варіантів фінансування ремонту техніки.

Таблиця 3.18

Найбільш ефективні варіанти розподілу ремонтного бюджету**ТОВ «Енерго Інжиніринг»**

Варіант розподілу бюджету	Сума витрат на одиницю техніки	Очікувана тривалість міжремонтного циклу	
		На одну машину обраного типу	За усією відремонтованою технікою
одна сума	50	84	84
дві суми	40	74	94
	10	20	
	30	56	96
	20	40	
три суми	30	56	91
	10	20	
	10	15	
	20	40	99
	20	39	
	10	20	
чотири суми	20	40	93
Результат витрат на ремонт в сумі 10 тис. грн. на машину на рік	10	53	

Джерело: розраховано автором

Проведений аналіз розподілу обмеженого бюджету на капітальний ремонт будівельних машин і механізмів, висвітлений на прикладі підприємства ТОВ «Енерго Інжиніринг», є вагомим підтвердженням ефективності застосування методу динамічного програмування як ключового елемента організаційно-економічного інструментарію управління вартістю життєвого циклу об'єктів будівництва. Основною метою цього підходу було максимізація сукупного періоду безвідмовної роботи техніки, що безпосередньо впливає на мінімізацію простоїв та оптимізацію витрат на етапі будівництва.

Дослідження різних варіантів розподілу фінансових ресурсів (50 тис. грн) – від концентрації коштів на одній машині до розподілу між кількома – дозволило виявити оптимальну стратегію інвестування в ремонти. Було емпірично доведено, що найкращі результати досягаються при розподілі бюджету між декількома машинами, а саме, при розподілі на дві машини (20 тис. грн та 30 тис. грн), що

забезпечує 95 машино-днів безвідмовної роботи, або три машини (20 тис. грн, 20 тис. грн, 10 тис. грн), що дає 95,5 машино-днів. Це підкреслює необхідність комплексного підходу до управління ремонтним фондом, а не зосередження лише на окремих одиницях техніки.

Висновки демонструють, що інструментарій, заснований на динамічному програмуванні, дозволяє не тільки мінімізувати прямі витрати на ремонт, але й забезпечити значне скорочення непрямих витрат, пов'язаних із простоями техніки, зривами графіків робіт та потенційними штрафними санкціями. Кожен додатковий машино-день безвідмовної роботи обладнання прямо конвертується у підвищення продуктивності, прискорення термінів виконання будівельних проєктів та, як наслідок, у зниження загальної вартості створення об'єкта.

Таким чином, обґрунтована методика оптимізації ремонтних витрат є невід'ємною частиною запропонованого організаційно-економічного інструментарію. Вона надає будівельним підприємствам конкретні рекомендації для прийняття управлінських рішень щодо планування технічного обслуговування та ремонту, що дозволяє підвищити ефективність використання основних засобів, забезпечити безперебійність будівельних процесів та, у кінцевому підсумку, формувати більш конкурентоспроможну та оптимальну вартість життєвого циклу об'єктів будівництва.

3.4. Математичне моделювання оптимального вибору конструктивного рішення фельдшерсько-акушерського пункту з урахуванням вартості життєвого циклу

Сучасний геополітичний контекст, позначений повномасштабними військовими діями, спричинив фундаментальні зсуви у детермінантах, що формують життєвий цикл об'єктів медичної інфраструктури, особливо у сільській місцевості України. Домінуюча донедавна парадигма стаціонарних медичних установ виявилася функціонально обмеженою та частково застарілою в умовах екстремальних безпекових викликів. На етапі ініціації проєкту гостро

актуалізувалася потреба у створенні сільських медичних закладів, орієнтованих на надання невідкладної допомоги вразливим верствам населення, що перебувають у складних безпекових умовах. Проте традиційний підхід до проєктування, який характеризувався недостатньою увагою до інтеграції принципів мобільності, стійкості до пошкоджень та автономності енергозабезпечення, спровокував виникнення критичних дисфункцій в експлуатаційній фазі цих об'єктів під час військового конфлікту.

Таблиця 3.19

**Трансформація моделі функціонування сільських медичних закладів: від
стаціонарних ФАПів до викликів воєнного часу**

Традиційна модель (довоєнна)	Сучасний контекст (після повномасштабного вторгнення)
Проектування типових ФАПів	Загрози безпеці актуалізують потребу в мобільних, захищених і автономних рішеннях
Будівництво стаціонарних споруд	Зупинка нового будівництва через військові ризики
Експлуатація в умовах мирного часу	Робота в умовах загроз, обмежень, часто — під загрозою руйнувань
Планове техобслуговування і ремонти	Аварійні ремонти або консервація існуючих об'єктів
Виведення з експлуатації через моральне старіння	Масове закриття ФАПів → деградація, втрата функцій, нецільове використання
Орієнтація на довготривале функціонування	Орієнтація на адаптивність, мобільність, швидке реагування
Інвестиції в будівництво та оновлення	Втрати капіталовкладень, скорочення фінансування
Надання первинної допомоги, імунізація, ведення вагітності	Ускладнений доступ до базових медичних послуг для вразливих верств населення
Підтримка сталого розвитку сільських територій	Ризик соціального занепаду через втрату інфраструктури

Джерело: сформовано автором

Наслідком зазначених системних викликів стало практичне припинення інвестиційно-будівельної діяльності у сегменті нових фельдшерсько-акушерських пунктів (ФАПів) та сільських лікарських амбулаторій (СЛА), при цьому зусилля зосередились на аварійних ремонтних роботах та підтриманні працездатності існуючої, часто морально та фізично зношеної, інфраструктури. Історично ФАПі відігравали ключову роль у системі первинної медико-санітарної допомоги, забезпечуючи надання базових медичних послуг, включаючи першу допомогу,

диспансерне спостереження, імунізацію та ведення вагітності. Проте в останні роки спостерігається масове згортання мережі ФАПів, що обумовлено як процесами оптимізації національної медичної системи, так й демографічними трансформаціями у сільських регіонах.

Закриття ФАПів продукує мультиплікативний негативний ефект, не лише обмежуючи доступ сільського населення до життєво необхідної медичної допомоги, а й деформуючи життєвий цикл будівельних об'єктів: спостерігається суттєве зниження попиту на проєктування, зведення та подальше обслуговування нових медичних споруд у сільській місцевості. Більше того, перманентна втрата функціонального призначення існуючих будівель ФАПів часто призводить до їхньої прискореної деградації, руйнування або нецільового використання, що ставить під сумнів економічну доцільність попередніх капіталовкладень у соціальну інфраструктуру. Таким чином, масове закриття ФАПів справляє комплексний вплив, що охоплює не тільки якість життя сільського населення, а й системно трансформує інфраструктурне середовище держави.

Таблиця 3.20

Зміна детермінант життєвого циклу ФАП до та після повномасштабного вторгнення

Етап життєвого циклу	Довоєнна модель	Актуальна модель (2022–2025)	Особливості
Проектування	Стаціонарні рішення з низькою гнучкістю	Орієнтація на мобільність, захищеність, автономність	Посилення вимог до енергонезалежності
Будівництво	Державне фінансування, типовий проєкт	Призупинене через ризики та скорочення бюджету	Перехід до ремонту наявної інфраструктури
Експлуатація	Регулярна діяльність ФАПів, фіксована мережа	Значне скорочення мережі, пошкодження, переміщення	Застосування нульового коефіцієнта НСЗУ
Утримання	Базовий ремонт і планові заміни	Аварійне утримання або взагалі відсутнє	Фінансова нестійкість
Утилізація	Відтермінована, частіше через моральне старіння	Примусова (війна, окупація, руйнування)	Втрата цінності капіталовкладен

Джерело: сформовано автором

Експлуатаційна фаза сільських медичних закладів перебуває у стані глибокої кризи: за період 2021–2023 років кількість ФАПів зменшилася майже на 20%, суттєво скоротилася чисельність медичного персоналу, а обсяги фінансової підтримки з боку держави та місцевих громад критично знизилися. Зменшення показників відвідуваності пацієнтами імплементувало застосування "нульового коефіцієнта" капітаційної ставки Національної служби здоров'я України (НСЗУ), що додатково дестабілізувало фінансову стійкість закладів. Внаслідок бойових дій значна частина об'єктів зазнала пошкоджень або стала фізично недоступною, що фактично перевело їх у примусову фазу утилізації.

У контексті аналізу економічної ефективності будівельних проєктів критично важливим є етап оцінки взаємозв'язку між початковими капітальними витратами на будівництво об'єкта та його подальшими експлуатаційними витратами протягом усього життєвого циклу. Для досягнення об'єктивного порівняння різноманітних варіантів конструктивних рішень доцільно застосовувати методи математичного моделювання, зокрема регресійний аналіз.

Для проведення регресійного аналізу буде використано емпіричні дані, отримані в результаті попередніх розрахунків будівельної вартості та прогнозованих експлуатаційних витрат (додаток В). Оцінювання параметрів моделей здійснюватиметься із застосуванням методу найменших квадратів (МНК), що мінімізує суму квадратів відхилень фактичних даних від модельних значень. Комплексний аналіз отриманих моделей дозволить сформулювати обґрунтовані висновки щодо характеру впливу вартості будівництва на експлуатаційні витрати, а також розробити рекомендації щодо вибору оптимального конструктивного рішення.

Об'єктом дослідження є одноповерхова будівля прямокутної конфігурації з лінійними розмірами в осях А-Г – 14,19 м та 1-6 – 24,10 м. (додаток Г)

Таблиця 3.21

Основні техніко-експлуатаційні показники будівлі ФАПу

№ з/п	Найменування	Одиниця виміру	Показник
1	Розрахункова одиниця – пропускна здатність	люд.	30
Технічні характеристики			
2	Площа забудови будівлі	м ²	333
3	Загальна площа будівлі	м ²	299
4	Корисна площа	м ²	299
5	Будівельний об'єм	м ³	998
Ресурси на експлуатаційні потреби			
6	Витрати холодної води	м ³ /добу	0,3
7	Витрати гарячої води	м ³ /добу	0,17
8	Каналізаційні стоки	м ³ /добу	0,47
9	Витрати тепла на опалення	Гкал/добу	0,2
10	Розрахункове навантаження на електричні мережі	кВт	49
11	Витрати електроенергії за рік	МВт × год	483
12	Розрахункові витрати газу	м ³ /добу	50

Джерело: сформовано автором

Для аналізу вартості життєвого циклу будівлі було обрано типовий проєкт фельдшерсько-акушерського пункту (ФАП), для якого розглядалися три альтернативні варіанти конструктивних рішень (далі – Конструктив 1, Конструктив 2, Конструктив 3). Оцінювання здійснювалось на основі попарного порівняння вартості життєвого циклу (LCC) для трьох альтернатив. Для кожного конструктивного рішення враховувались наступні етапи життєвого циклу:

- витрати на будівництво;
- витрати на експлуатацію;
- витрати на ремонти та утримання;
- витрати на утилізацію.

Таблиця 3.22

Порівняльна таблиця варіантів конструктивних рішень для фельдшерсько-акушерського пункту (ФАП)

№	Варіант	Опис рішення	Вартість будівництва (тис. грн)	Пояснення
1	Базовий варіант (Конструктив1)	Стандартні конструктивні елементи без покращень енергоефективності	7 094,27	Найдешевший у реалізації. Не передбачає додаткових витрат на сучасні матеріали чи енергозберігаючі технології. Однак можливе підвищене споживання енергії в процесі експлуатації.
2	Покращені огорожуючі конструкції (Конструктив2)	Зовнішні конструкції (стіни, дах, вікна) з підвищеним опором теплопередачі (в 1,3 рази)	7 570,15	Помірне збільшення капітальних витрат (~+6,7% дорожче за базовий варіант), але краще теплозбереження, менше тепловтрат, економія на опаленні.
3	Повітряне опалення з тепловим насосом (Конструктив3)	Замість водяного опалення з електрокотлом – система повітряного опалення з двоконтурним тепловим насосом	8 218,48	Найвища вартість будівництва (+15,8% до базового варіанту), але значна економія на опаленні протягом всього життєвого циклу об'єкта. Використання теплового насоса знижує витрати на електроенергію.

Джерело: розраховано автором

Узагальнюючи результати розрахунків, пропонуємо застосувати бальне оцінювання проєктних рішень. Найдешевшому й одночасно найбільш ризиковому у відношенні експлуатаційних витрат варіанту 1 присвоюємо 1 бал. Якщо врахувати постулати теорії управління економічним ризиком, то варіація певного показника в розмірі 15% від сподіваного значення вже вважається значною. Тому, варіанту 3 із 15,8% перевищенням вартості будівництва базового варіанту присвоюємо 3 бали. Проміжний варіант 2, хоча і не перевищує базовий на 7,5%, тобто половину, «межі стабільності», але не суттєво відстає від неї ($6,7 \approx 7,5$). Зазначене дає підстави оцінити цей варіант у 2 бали складності, оскільки, поряд із

здорожчанням будівництва, буде забезпечено економію на опаленні і теплозбереженні. У подальшому запропоновані оцінки буде використано під час розроблення цифровізованого інструментарію управління життєвим циклом інфраструктурного об'єкта.



Рис. 3.1 Порівняння загальної вартості життєвого циклу

Джерело: сформовано автором

На рис. 3.1 представлено стовпчасту діаграму "Порівняння загальної вартості життєвого циклу" для трьох конструктивних варіантів будівництва фельдшерсько-акушерського пункту (ФАП). Вертикальна вісь (Y) відображає загальні витрати життєвого циклу (LCC) у тис. грн, а горизонтальна (X) – відповідні варіанти конструктивів:

Чиста приведена вартість (NPV) при порівнянні двох альтернативних варіантів буде дорівнювати сумі дисконтованої вигоди від альтернативного варіанта за вирахування суми дисконтованих витрат (додаткових інвестицій) на його реалізацію.

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{(M_{t1} + O_{t1} + E_{t1}) - (M_{t2} + O_{t2} + E_{t2}) - (I_{t2} - I_{t1})}{(1+d)^t}; \quad (3.5)$$

де I_{t1}, I_{t2} – початкові інвестиції за двома альтернативними варіантами у рік t ; M_{t1}, M_{t2} – витрати на технічне обслуговування (утримання) об'єкту за двома

альтернативними варіантами у рік t ; O_{t1}, O_{t2} , – експлуатаційні витрати двох альтернативних варіантів у рік t ; E_{t1}, E_{t2} – витрати завершення експлуатації для двох альтернативних варіантів у рік t ; T – період аналізування у роках.

Чисті заощадження (net savings; NS). Для альтернативних варіантів чистими заощадженнями вважається різниця між вартістю життєвого циклу цих двох варіантів. Проєкт вважається економічно вигідним, якщо чисті заощадження набувають позитивного значення.

$$NS = LCC_1 - LCC_2; \quad (3.6)$$

де LCC_1, LCC_2 – вартістю життєвого циклу цих двох альтернативних варіантів.

Відношення заощаджень до інвестицій (*savings-to- investment ratio; SIR*) для альтернативних варіантів визначається як чисті заощадження, поділені на додаткові початкові інвестиції. Проєкт вважається економічно ефективним, якщо співвідношення більше одиниці, тому що кожна додатково інвестована одиниця дозволяє досягти більшої економії.

$$SIR = \frac{NS}{(I_2 - I_1)} \quad (3.7)$$

Таблиця 3.23

**Результати розрахунку вартості життєвого циклу 3-х варіантів проєкту
фельдшерсько-акушерського пункту (ФАП) тис. грн.**

1 варіант				2 варіант				3 варіант			
період	Вартість будівництва	Витрати протягом життєвого циклу	LCC	період	Вартість будівництва	Витрати протягом життєвого циклу	LCC	період	Вартість будівництва	Витрати протягом життєвого циклу	LCC
0	7094,274		7094,27	0	7570,1489		7570,15	0	8218,484		8218,48
1		676,64	623,63	1		551,31	508,12	1		492,20	453,64
2		676,64	574,77	2		551,31	468,31	2		492,20	418,10
3		815,44	638,41	3		690,11	540,29	3		561,01	439,22
4		855,80	617,53	4		730,47	527,09	4		665,78	480,41
5		986,41	656,01	5		861,08	572,66	5		790,98	526,04
6		778,46	477,15	6		653,13	400,33	6		524,03	321,20
7		769,09	434,48	7		643,76	363,68	7		584,65	330,28
8		900,56	468,89	8		784,18	408,30	8		710,54	369,96
9		778,46	373,57	9		653,13	313,42	9		524,03	251,47
10		2 281,96	1009,28	10		2 201,87	973,85	10		2 060,90	911,51

Продовження табл. 3.23

1 варіант				2 варіант				3 варіант			
період	Вартість будівництва	Витрати протягом життєвого циклу	LCC	період	Вартість будівництва	Витрати протягом життєвого циклу	LCC	період	Вартість будівництва	Витрати протягом життєвого циклу	LCC
11		676,64	275,82	11		551,31	224,73	11		492,20	200,64
12		1 087,60	408,61	12		962,27	361,53	12		697,61	262,09
13		676,64	234,30	13		551,31	190,90	13		492,20	170,43
14		769,09	245,45	14		643,76	205,45	14		584,65	186,59
15		1 419,48	417,53	15		1 353,83	398,22	15		1 154,07	339,46
16		855,80	232,01	16		730,47	198,03	16		665,78	180,49
17		713,62	178,30	17		588,29	146,99	17		529,18	132,22
18		778,46	179,27	18		653,13	150,41	18		524,03	120,68
19		676,64	143,61	19		551,31	117,01	19		492,20	104,47
20		3 502,11	685,07	20		3 422,01	669,40	20		3 262,43	638,19
21		870,91	157,02	21		745,58	134,42	21		616,48	111,15
22		676,64	112,44	22		551,31	91,61	22		492,20	81,79
23		721,40	110,48	23		605,02	92,66	23		536,96	82,23
24		1 092,75	154,24	24		967,42	136,55	24		702,76	99,20
25		5 013,76	652,26	25		5 317,99	691,84	25		6 116,12	795,67
7094,27		29050,99	17154,40	7570,15		26515,36	16455,95	8218,48		24765,16	16225,58
Разом:		36145,27		Разом:		34085,51		Разом:		32983,65	

Джерело: розраховано автором

Результати розрахунку вартості життєвого циклу 3-х варіантів в фельдшерсько-акушерського пункту (ФАП) свідчать, що найбільш ефективним є 3-й варіант, сукупні витрати на будівництво, технічне обслуговування (утримання) та експлуатацію якого за 25 років становлять **32,9** млн. грн., а вартість життєвого циклу (LCC) – **16,2** млн. грн. При цьому у цього варіанта найвища вартість будівництва – **8,2** млн. грн. проти **7,1** млн. грн. по 1-му варіанту, сукупні витрати по якому становлять **36,1** млн. грн.

Таблиця 3.24

Результати попарного порівняння варіантів проєкту фельдшерсько-акушерського пункту (ФАП)

варіанти	NPV, тис. грн.	IRR, %	DPP
1 і 2	559,1272101	18,3%	5 років
1 і 3	154,3092821	9,37%	8 років
2 і 3	1,287396108	5,01%	-

Джерело: розраховано автором

Разом з тим попарна оцінка варіантів за показниками економічної ефективності з урахуванням фактору часу свідчить про найбільшу ефективність варіанта 2 порівняно з варіантом 1 – вкладання коштів у 2-й варіант будівництва фельдшерсько-акушерського пункту (ФАП) забезпечить економію порівняно з першим варіантом, яка з урахуванням фактору часу становитиме **559,1** тис. грн за 25 років та окупиться за **5** років.

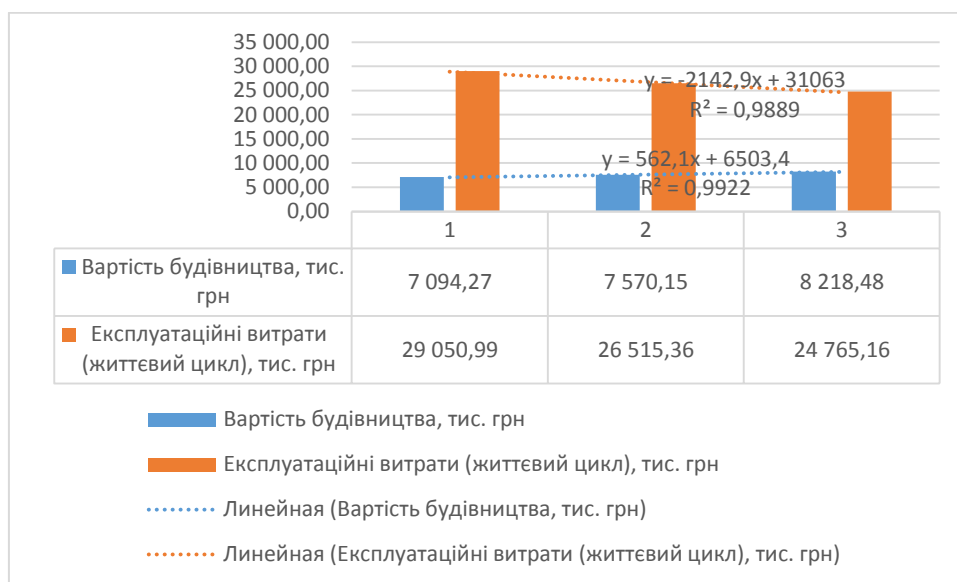


Рис. 3.2. Вартість будівництва та експлуатаційними витратами протягом життєвого циклу (Джерело: розраховано автором)

Розрахункове значення коефіцієнта кореляції становить приблизно $r \approx -0,996$, що свідчить про дуже сильний обернений (негативний) лінійний зв'язок між двома змінними. Іншими словами, чим вищою є початкова вартість будівництва, тим нижчими виявляються подальші експлуатаційні витрати протягом усього життєвого циклу об'єкта. Така залежність є логічною та обґрунтованою з техніко-економічної точки зору: варіанти з вищими капітальними витратами, як правило, передбачають впровадження енергоефективних рішень, кращої теплоізоляції, сучасних інженерних систем, що зменшують витрати на енергоносії, технічне обслуговування, ремонти тощо.

Отже, отриманий результат підтверджує доцільність інвестування в дорожчі, але більш енергоефективні конструктивні рішення, які забезпечують

відчутну економію ресурсів у довгостроковій перспективі. Це дозволяє інвестору приймати стратегічно виважені рішення з урахуванням не лише поточних витрат, а й усіх майбутніх фінансових наслідків.

Побудуємо рівняння лінійної регресії, що описує залежність між вартістю будівництва (X) та експлуатаційними витратами протягом життєвого циклу (Y), які, нагадаємо, визначаються як різниця між загальною LCC та початковими капітальними витратами. Така модель дозволяє кількісно оцінити, як змінюються експлуатаційні витрати залежно від рівня початкових інвестицій.

Регресійна модель має вигляд:

$$Y = a + Bx \quad (3.8)$$

де Y – експлуатаційні витрати протягом життєвого циклу, тис. грн, x – вартість будівництва, тис. грн, a – вільний член (точка перетину з віссю Y), B – коефіцієнт регресії (показує зміну Y при зміні X на одиницю).

У світлі ескалації асиметричних загроз та руйнації традиційних моделей медичної логістики у сільських регіонах України, актуалізується концепція *«адаптивної інфраструктури подвійного призначення»*, що передбачає трансформацію ФАПів у гібридні простори базової медичної допомоги та кризового реагування. У цьому контексті математичне моделювання вартості життєвого циклу виходить за межі класичного інженерно-економічного аналізу і перетворюється на інструмент стратегічного планування у сфері безпеки та суспільної стійкості.

На основі вихідних даних для трьох варіантів будівництва та обчислених експлуатаційних витрат побудовано рівняння регресії:

$$Y = 70\,512,14 - 5,565X \quad (3.9)$$

Це свідчить, про наявність ефекту інфраструктурної інверсії: чим більшими є початкові вкладення в якість конструктивних рішень, тим меншими будуть експлуатаційні витрати. Цей ефект ілюструє принцип «оптимізації через випереджальне інвестування» – ключову парадигму управління активами у публічному секторі, особливо у зонах ризику. Інфраструктурна парадигма майбутнього – не просто дешеве будівництво, а мінімізація сукупної вартості

володіння (total cost of ownership). Це означає, що держава повинна переорієнтувати стратегічне бачення від проєктно-бюджетної логіки до логіки життєвого циклу, що включає ризики, технічне старіння, логістичну гнучкість, довкіллієві аспекти та здатність до оперативного реагування в умовах кризи.

Узагальнення результатів математичного моделювання, економічного аналізу та сценарної оцінки життєвого циклу фельдшерсько-акушерських пунктів (ФАПів) дає змогу ідентифікувати критичні точки неефективності в існуючій системі проєктування та експлуатації об'єктів медичної інфраструктури. В умовах ресурсної обмеженості, підвищеної невизначеності та трансформаційного характеру викликів воєнного часу, постає необхідність у системному перегляді підходів до інфраструктурного планування. Нижче наведено перелік ключових рекомендацій стратегічного рівня, які спрямовані на підвищення економічної доцільності, технологічної адаптивності та довгострокової ефективності управління інвестиційними процесами у сфері сільської медичної інфраструктури:

1. Інституціоналізувати підхід LCC (Life Cycle Costing) як обов'язковий елемент державної експертизи проєктів медичної інфраструктури – з метою забезпечення обґрунтованого прийняття інвестиційних рішень на основі повної вартості володіння об'єктом протягом усього життєвого циклу, включно з утилізацією, технічним обслуговуванням та модернізацією.

2. Формалізувати енергоефективність як індикатор економічної доцільності проєктних рішень, запровадивши уніфіковану систему класифікації та верифікації енергоощадних характеристик на етапі тендерної документації, а також у механізмах державного співфінансування.

3. Створити єдину цифрову платформу управління інфраструктурними активами ФАПів з інтеграцією модулів геоінформаційного аналізу (GIS), інформаційного моделювання будівель (BIM), моделювання життєвого циклу (LCC) та фінансового аналізу ефективності (NPV/IRR/DPP). Платформа має підтримувати хмарне середовище з можливістю підключення громад та органів влади.

4. Затвердити нормативно-правову базу для використання математичних моделей оптимізації (зокрема методів лінійного програмування, симплекс-методу, сценарного аналізу) у процедурі проєктного відбору, що забезпечить формалізацію процесу прийняття рішень за багатокритеріальними показниками.

5. Запровадити систему сценарного прогнозування ризиків деградації інфраструктури у контексті бойових дій, демографічного скорочення та зміни кліматичних умов, з урахуванням потреб адаптації медичних об'єктів до умов надзвичайних ситуацій.

6. Імплементувати державну стратегію реконверсії непридатних ФАПів, яка б включала інструменти повторного функціонального використання будівель (ревіталізація), залучення приватного партнерства та інноваційних моделей інвестування.

Створити інтегровану систему моніторингу технічного стану об'єктів на основі IoT-технологій, з автоматичною передачею даних щодо споживання ресурсів, зносу конструкцій та потенційних аварійних ситуацій.

Висновки до розділу 3.

1. Наведено комплекс заходів із впровадження параметричного кошторисування та автоматизації збору даних про витрати матеріалів і робіт. Застосування аналізу чутливості дозволило виявити ключові ресурси, вплив яких на загальну вартість LCC перевищує 60 % (наприклад, вартість бетонних робіт та монтажу інженерних систем). Рекомендовано використовувати електронні кошторисні комплекси, інтегровані з BIM, що дає змогу зменшити людські помилки та скоротити час формування кошторису на 25 %. Це призводить до більш точного контролю бюджетів і зниження ризику перевитрат на ранніх етапах проєкту.

2. Сформульовано задачу мінімізації транспортних витрат як класичну транспортну задачу з обмеженнями на пропускну спроможність складів і потребу будмайданчиків. На основі фактичних тарифів та даних про відстані було показано, що оптимізація маршрутів дозволяє зекономити до 12 % від річного бюджету на логістику. Розроблена Excel-модель із макетом таблиці може автоматично

генерувати оптимальні плани перевезень при зміні вихідних даних. Вона адаптується під різні сценарії (наприклад, збільшення обсягів вантажів на 20 % чи зміна тарифів), що забезпечує гнучкість логістичного планування.

3. Досліджено задачу розподілу ресурсів на ремонт техніки з урахуванням простоїв. Модель динамічного програмування дозволила визначити оптимальний графік ремонтів, який мінімізує сумарні витрати на технічне обслуговування та втрати від простою машин. Порівняння двох варіантів – аварійного ремонту на вимогу та планово-профілактичного – показало до 18 % економію при переході на профілактичний графік. Це підтвердило доцільність інвестування в систему моніторингу стану техніки та регулярне обслуговування на ранніх етапах експлуатації.

4. Побудовано багатокритеріальну модель LCC для трьох варіантів конструктивного рішення фельдшерсько-акушерського пункту. Оцінка включала капітальні витрати, експлуатаційні та реноваційні витрати за 25 років, а також розрахунки NPV, IRR та DPP. Найвигіднішим виявився варіант 3: він має найвищу початкову вартість (8,22 млн грн), але найнижчі сукупні витрати LCC (16,23 млн грн) і найкоротший термін окупності ($DPP \approx 18,7$ р.). Це свідчить про важливість комплексного підходу – інвестиції в більш дорогі матеріали та системи зменшують довгострокові експлуатаційні витрати.

5. Проведені дослідження підтверджують ефективність інтегрованого застосування організаційно-економічних, математичних та інформаційних методів управління вартістю життєвого циклу будівельних об'єктів. Накопичений досвід може бути використаний як шаблон для різних типів будівельних проєктів – від малих амбулаторій до великих житлових комплексів. Реалізація запропонованих підходів дозволяє підвищити прозорість фінансових процесів, зменшити загальний ризик перевитрат щонайменше на 10–15 %, а також забезпечує можливість гнучкого реагування на зміну ринкових умов і технічних вимог протягом усього життєвого циклу об'єкта.

Основні результати дослідження, викладені в розділі 3 представлено в публікаціях автора [73, 143, 147-153]

ВИСНОВКИ

У дисертації представлено вирішення важливої науково-практичної проблеми, пов'язаної з удосконаленням механізмів управління вартістю життєвого циклу будівельних об'єктів. Проведені дослідження дозволили отримати ряд значущих результатів, що лягли в основу формулювання ключових висновків щодо оптимізації витрат та підвищення ефективності управління будівельними проєктами на всіх етапах їхнього життєвого циклу.

1. Розкрито сутність життєвого циклу об'єктів будівництва, встановлено його структуру та ключові етапи. У ході дослідження систематизовано погляди науковців і положення нормативно-правових актів, що дозволило уточнити зміст і межі етапів життєвого циклу. Обґрунтовано, що структуризація циклу на концептуальну, передінвестиційну, проєктну, будівельну, експлуатаційну та стадію утилізації/демонтажу забезпечує базу для ефективного планування витрат і прийняття управлінських рішень. Узагальнено, що найбільший вплив на майбутні витрати формується саме на ранніх етапах.

2. Досліджено економічні та організаційні інструменти управління вартістю на різних фазах життєвого циклу будівельних об'єктів. Встановлено, що раціональне поєднання таких інструментів, як системи бюджетування, стратегічне ціноутворення, техніко-економічне обґрунтування, системи контролінгу, механізми мотивації та договірної регулювання забезпечують баланс інтересів інвесторів, підрядників та експлуатантів. Особливу увагу приділено адаптації методів управління до сучасних викликів (воєнний стан, інфляція, нестабільне середовище).

3. Проаналізовано та класифіковано методологічні підходи до оцінювання вартості життєвого циклу. Розглянуто можливості використання методу LCC (Life Cycle Costing), дисконтування грошових потоків, аналізу повної вартості володіння (ТСО), ймовірнісного прогнозування та функціонально-вартісного аналізу. Обґрунтовано ефективність комбінованих моделей, які враховують як економічні, так і часові, технічні, екологічні параметри. Визначено переваги

математичної інтеграції цих підходів в умовах динамічного будівельного середовища.

4. Оцінено вплив інноваційних технологій на ефективність управління вартістю життєвого циклу об'єктів будівництва. Доведено, що цифрові технології – такі як BIM-моделювання, Smart Construction, системи управління даними (ERP, PPM), автоматизовані системи контролю витрат – зменшують кількість помилок, підвищують прозорість витрат та дозволяють в реальному часі приймати рішення з мінімальними фінансовими втратами. Розглянуто перспективи використання цифрових двійників (digital twins) для прогнозування майбутніх витрат на експлуатацію.

5. Досліджено сучасні методи прогнозування та управління витратами на всіх етапах реалізації будівельних проєктів. Підтверджено, що ефективне прогнозування витрат потребує системного підходу, який включає застосування багатофакторного регресійного аналізу, моделей динамічного програмування, сіткових графіків, задач транспортної логістики та аналізу чутливості. Особливу увагу приділено мінімізації ризиків вартості під час будівництва в умовах дефіциту ресурсів.

6. Обґрунтовано необхідність диференційованого підходу до управління вартістю життєвого циклу залежно від типу будівлі. Визначено специфіку оцінювання та управління вартістю для житлових, громадських, виробничих та спеціалізованих будівель. Доведено, що різні об'єкти мають відмінності в структурі витрат, амортизації, частоті ремонту, обслуговування, зносі та строках служби. Це вимагає застосування індивідуалізованих моделей розрахунку повної вартості володіння.

7. Проведено аналіз впливу воєнної агресії на трансформацію життєвого циклу житлового фонду України. Установлено, що бойові дії призвели до скорочення циклу експлуатації багатьох об'єктів та виникнення нових критеріїв знецінення. Розроблено систему індикаторів функціонального, морального та фізичного зносу з урахуванням факторів безпеки, енергоефективності, ремонтпридатності. Це дозволяє створити підхід до оцінки вартості з

урахуванням пошкодження, відновлюваності та ефективності повторного використання об'єктів.

8. Запропоновано організаційно-економічний інструментарій для управління вартістю на основі математичних моделей. Розроблено підходи до вирішення прикладних задач: оптимізація витрат на транспортування будівельних вантажів, розподіл техніки з урахуванням часу простоїв та вартості ремонту, вибір ефективного графіка виконання робіт. Сформовано інтегровану модель, яка поєднує логістичне, ресурсне та фінансове управління для досягнення мінімальної вартості життєвого циклу.

9. Проведено математичне моделювання оптимального вибору конструктивного рішення фельдшерсько-акушерського пункту з урахуванням повної вартості життєвого циклу. Модель дозволила оцінити різні варіанти будівництва з урахуванням вартості зведення, експлуатації, ремонту та утилізації. Здійснено вибір конструктивного рішення, що мінімізує сумарні витрати при збереженні функціональності та надійності об'єкта. Це підкріплює ідею комплексного управління інвестиційними рішеннями з урахуванням тривалого горизонту планування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Офіційний сайт Royal Institute of British Architects, RIBA URL: <https://www.architecture.com>
2. Smart Building Overlay to the RIBA Plan of Work. URL: <https://akerlof.co.uk/wp-content/uploads/2024/06/RIBA-Smart-Building-Overlay-to-the-RIBA-Plan-of-Work-2024.pdf>
3. Гавриляк А.І. Технічна експлуатація, реконструкція і модернізація будівель: навч. посібн. Л.: Національний ун-т "Львівська політехніка", 2006. 538 с.
4. Eberhardt, L., Harpa Birgisdottir, and Morten Birkved. "Comparing life cycle assessment modelling of linear vs. circular building components." *IOP conference series: earth and environmental science*. Vol. 225. IOP Publishing, 2019.
5. Hanák, T., et al. "Life cycle cost modelling using 6D BIM in construction: A comparative study." *MATEC Web of Conferences*. Vol. 396. EDP Sciences, 2024.
6. Biolek, Vojtech, and Tomáš Hanak. "Life-cycle cost estimation of a building structure: An example of partition walls." *Organization, Technology and Management in Construction: an International Journal* 16.1 (2024): 13-26.
7. Renuka, S. M.; Umarani, C.; Kamal, S. A review on critical risk factors in the life cycle of construction projects. *Journal of Civil Engineering Research*, 2014, 4.2A: 31-36.
8. Altaf, M., et al. Life cycle cost analysis (LCCA) of construction projects: sustainability perspective. *Environment, Development and Sustainability*, 2023, 25.11: 12071-12118.
9. Шнейдерова-Гералова, Р. (2018). Важливість визначення вартості життєвого циклу для будівельних проектів. *Інженерія для сільського розвитку*, 17, 1223-1227.
10. Yu, W.-d., Cheng, S.-t., Ho, W.-c., & Chang, Y.-h. (2018). Measuring the Sustainability of Construction Projects throughout Their Lifecycle: A Taiwan Lesson. *Sustainability*, 10(5), 1523. <https://doi.org/10.3390/su10051523>

11. Obolewicz, J., Baryłka, A., Jaros, H., & Ginda, G. (2020). A map of knowledge and its importance in the life cycle of a construction. *Inżynieria Bezpieczeństwa Obiektów Antropogenicznych*, 2, 113-123. <https://doi.org/10.37105/iboa.66>
12. Plebankiewicz, E., Zima, K., & Wieczorek, D. (2017). Quantification of the risk addition in life cycle cost of a building object. *Technical Transactions*, 114 (5), 35-45.
13. Дем'яненко О.О. Функції інженера-консультанта на різних етапах життєвого циклу об'єкта будівництва. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2018. № 38. С. 105 –110..
14. Гончаренко, Т.А. (2021). BIM-технології як інструментарій для створення інформаційної моделі життєвого циклу об'єкта будівництва. *Управління розвитком складних систем*, (47), 83-88.
15. Шпакова Г.В., Омеляненко О.П., Глущенко І.В. Оцінка експлуатаційного потенціалу об'єкту протягом життєвого циклу. *V Міжнародна науково-технічна конференція «Ефективні технології в будівництві» та VII Міжнародна науково-технічна конференція «Нові технології в будівництві»*: К. «Видавництво Ліра-К», 2020. С. 116.
16. Січний С., Щербина А. Декомпозиція споруди на конструктивні елементи в оцінюванні витрат життєвого циклу об'єктів будівництва. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 2022, 2(50), 107–122. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.50\(2\).107-122](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.50(2).107-122).
17. Пушкарьова К.К., Кочевих М.О. Життєвий цикл будівельних об'єктів та економіка замкненого циклу. *Маркетингові стратегії, підприємництво і торгівля: сучасний стан, напрямки розвитку: Матеріали III Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф.* (Київ, 27жовтня 2022 року). Київ, 2022. С. 251–254. URL:<http://www.ndekc.lviv.ua/pdf/28.pdf#page=251>(дата звернення: 09.11.2024).
18. Popovychenko I., Levchinskiy D., Kirnos O. (2023). Cost Management of the Life Cycle of Real Estate Objects: Experience, Problems and Solutions. *Journal of International Legal Communication*, 9(2), 67-79.

19. Горда О.В. Поле задач об'єкта будівництва. *Управління розвитком складних систем*. 2020. № 44. С. 78–83.
20. Козик В.В., Марущак У.Д., Марко О.Й. Оцінка енергоефективності в життєвому циклі об'єктів житлового будівництва. *Бізнес Інформ*. 2024. № 5. С. 201-207
21. Vorobec S., Kozyk V., Zahoretska O., Masuk V. Simulation model of planning financial and economic indicators of an enterprise on the basis of business model formalization. *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, 2020, 30, pp. 299–318.
22. ДБН В.1.2-5:2007 «Науково-технічний супровід будівельних об'єктів» / Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. Київ: Мінрегіонбуд, 2007. 32 с.
23. Зелена книга «Взаємодія учасників ринку будівництва в розрізі життєвого циклу будівель та споруд». URL: <https://brdo.com.ua/wp-content/uploads/2024/06/17-ZK-Vzayemodiya-uchasnykiv-ryнку-budivnytstva-v-rozrizi-zhyttyevogo-tsyklu-budivel-ta-sporud.pdf>
24. Економічний дайджест (09.05.2025–15.05.2025). URL: <https://fru.ua/ua/media-center/analytics/econom-0905-1505>
25. Титок В.В., Ємельянова О.М., Пилипчук О.Д. Стан ринку праці в умовах сьогодення. *Здобутки економіки: перспективи та інновації*, 2025, №15. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14881912>
26. Титок В.В. Кар'єрний розвиток жінок у будівельній галузі. *Програма та тези доповідей. Архітектура, Будівництво, Дизайн: Технологія, Енергетика, Менеджмент: Міжнародний науково-технічний форум* (16-17 жовтня 2024 р., м. Київ). – Київ: Видавництво Ліра-К, 2024. С. 435-436
27. Яцунська О. Життєвий цикл об'єкта основних засобів – проблеми оцінки. *Науковий вісник [Одеського національного економічного університету]*. 2014. № 2. С. 193-204.
28. Войтовський К. Досвід Ізраїлю щодо формування стратегії національної безпеки. Офіційний вебсайт Національного інституту стратегічних досліджень.

URL: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/natsionalna-bezpeka/dosvid-izrayilyu-shchodoformuvannya-stratehiyi-natsionalnoyi>

29. Резнікова О., Войтовський К. «Життя як в Ізраїлі»: висновки з досвіду забезпечення національної безпеки для України. Офіційний вебсайт Національного інституту стратегічних досліджень. URL: <https://niss.gov.ua/news/komentari-ekspertiv/zhyttya-yak-vizrayili-vysnovky-z-dosvidu-zabezpechennya-natsionalnoyi>

30. Шаповал О., Вовк Н. Проектування захисних споруд цивільного захисту в Україні (на основі досвіду Ізраїлю). Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій : мат. XFV Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Черкаси, 27 квіт. 2023 р.). Черкаси, 2023. С. 233-235.

31. ISO 14040:2006 / AMD 1:2020 Environmental management. Life cycle assessment. Principles and framework. URL: <https://www.iso.org/standard/37456.html>

32. ISO 15686-1:2011 Buildings and constructed assets. Service life planning. Part 1: General principles and framework. URL: <https://www.iso.org/ru/standard/45798.html>

33. ISO 15686-2:2012 Buildings and constructed assets. Service life planning. Part 2: Service life prediction procedures. URL: <https://www.iso.org/standard/51826.html>

34. ISO 15686-3:2002 Buildings and constructed assets. Service life planning. Part 3: Performance audits and reviews. URL: <https://www.iso.org/standard/29430.html>

35. ISO 15686-4:2014 Buildings and constructed assets. Service life planning. Part 4: Service Life Planning using Building Information Modelling. URL: <https://www.iso.org/standard/59150.html>

36. ISO 15686-5:2017 Buildings and constructed assets. Service life planning. Part 5: Life-cycle costing. URL: <https://www.iso.org/standard/61148.html>

37. ISO 15686-7:2017 Buildings and constructed assets. Service life planning. Part 7: Performance evaluation for feedback of service life data from practice. URL: <https://www.iso.org/standard/61149.html>

38. ISO 15686-8:2008 Buildings and constructed assets. Service life planning. Part 8: Reference service life and service-life estimation. URL: <https://www.iso.org/standard/39070.html>

39. ISO 15686-9:2008 Buildings and constructed assets. Service life planning. Part 9: Guidance on assessment of service-life data. URL: <https://www.iso.org/standard/44858.html>

40. ISO 15686-10:2010 Buildings and constructed assets. Service life planning. Part 10: When to assess functional performance. URL: <https://www.iso.org/standard/44859.html>

41. ISO 15686-11:2014 Buildings and constructed assets. Service life planning. Part 11: Terminology. URL: <https://www.iso.org/standard/57226.html>

42. ISO 15663:2021 Petroleum, petrochemical and natural gas industries. Life cycle costing. URL: <https://www.iso.org/standard/79198.html>

43. ISO 41001:2018 Facility management. Management systems. Requirements with guidance for use. URL: <https://www.iso.org/standard/68021.html>

44. ДСТУ EN ISO 41001:2021 Управління об'єктами. Системи управління. Вимоги з інструкцією щодо використання. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=96889

45. ДСТУ ISO 14040:2013 Екологічний менеджмент. Оцінка життєвого циклу. Принципи і структурна схема. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=70997

46. ДСТУ ISO 15686-1:2020 Будівлі та об'єкти нерухомого майна. Планування строку експлуатації. Частина 1. Основні принципи та методологія (ISO 15686-1:2011, IDT). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=96743

47. ДСТУ ISO 15686-2:2020 Будівлі та об'єкти нерухомого майна. Планування терміну служби. Частина 2. Методи прогнозування терміну служби (ISO 15686-2:2012, IDT). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=89633

48. ДСТУ ISO 15686-3:2020 Будівлі та об'єкти нерухомого майна. Планування терміну служби. Частина 3. Аудит і перевіряння експлуатаційних показників (ISO 15686-3:2002, IDT). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=89634

49. ДСТУ ISO 15686-4:2020 Будівлі та об'єкти нерухомого майна. Планування терміну служби. Частина 4. Планування терміну служби з використанням будівельного інформаційного моделювання (ISO 15686-4:2014, IDT). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=89635

50. ДСТУ ISO 15686-5:2020 Будівлі та об'єкти нерухомого майна. Планування строку експлуатації. Частина 5. Оцінювання вартості життєвого циклу (ISO 15686-5:2017, IDT). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=98436

51. ДСТУ ISO 15686-7:2020 Будівлі та об'єкти нерухомого майна. Планування терміну служби. Частина 7. Оцінювання характеристик для зворотного зв'язку стосовно даних про термін служби, отриманих на практиці (ISO 15686-7:2017, IDT). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=89637

52. ДСТУ ISO 15686-8:2020 Будівлі та об'єкти нерухомого майна. Планування терміну служби. Частина 8. Нормативний термін служби та обчислення терміну служби (ISO 15686-8:2008, IDT). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=89638

53. ДСТУ ISO/TS 15686-9:2020 Будівлі та об'єкти нерухомого майна. Планування терміну служби. Частина 9. Настанова з оцінювання даних про термін служби (ISO/TS 15686-9:2008, IDT). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=89639

54. ДСТУ ISO 15686-10:2020 Будівлі та об'єкти нерухомого майна. Планування терміну служби. Частина 10. Періодичність оцінювання функціональних характеристик (ISO 15686-10:2010, IDT). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=89640

55. Цифра Т., Вільницька Н., Шевчук К. Теоретичні підходи аналізу витрат життєвого циклу проекту будівництва та реконструкції спортивних і рекреаційних закладів у Австралії. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 2023, 50(2), 153–161.

56. Поповиченко І., Грабчак Д., Кривущенко С., Герасимчук Я., Овсяник М. Комплексний вплив фаз життєвого циклу будівельних проєктів на результативність управління інноваційними стратегіями суб'єктів будівельного ринку. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 2024, 53(2), 174-189.

57. Петренко В.О., Кулик В.О. Процеси управління інноваціями протягом життєвого циклу проекту. *Управління розвитком складних систем*. 2018. № 36. С. 35-41.

58. Гетун Г. В. Вибір оптимальних конструктивних рішень суміщених покриттів будівель з урахуванням їх життєвого циклу. *Містобудування та територіальне планування*. 2018. Вип. 66. С. 100-106.

59. Bielenkova O., Novak Y., Matsapura O., Zapiechna Y., Kalashnikov D., Dubinin D. Improving the Organization and Financing of Construction Project by Means of Digitalization. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. 2022. № 12(8). P. 108–115.

60. Іванова Л. Концепція життєвого циклу будівельного об'єкту як основа для ефективного управління проектами. *Modern Engineering and Innovative Technologies*. 2024. № 1(31-01). С.137–144. DOI: <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2024-31-00-061>

61. Поповиченко І. Оцінювання вартості життєвого циклу об'єктів нерухомості: українські реалії та міжнародний досвід, проблеми, перспективи. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 2025, 55(1), 296-303.

62. Згалат-Лозинська Л.О., Лич В.М. Державно-приватне партнерство як важіль державного регулювання інноваційної діяльності в будівництві. *Бізнес-навігатор*. 2020. No 3(59). С. 34–41. URL: <https://doi.org/10.32847/business-navigator.59-6> (date of access: 09.11.2024).

63. Akselrod R., Shpakov A., Ryzhakova G., Honcharenko T., Chupryna Iu., Shpakova H. Integration of Data Flows of the Construction Project Life Cycle to Create a Digital Enterprise Based on Building Information Modeling. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 2022, Volume 12, Issue 01, pp.40-50.
64. Цифра Т. Науково-методологічне підґрунтя оцінювання коінтеграційних зв'язків економічної стійкості підрядника від впровадження BIM технології на всіх стадіях життєвого циклу. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 2023, 52(2), 230–239.
65. Honcharenko T., Chupryna Y., Ivakhnenko I., Tsyfra T., Zinchenco M. Reengineering of the Construction Companies Based on BIM-technology. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 2020, volume 8. №8
66. Marshall H.E. Techniques for Treating Uncertainty and Risk in the Economic Evaluation of Building Investments. URL: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication757.pdf>
67. Банах В.А., Гребенюк О.В., Банах М.С., Гребенюк І.В. Використання сучасних інформаційних технологій для забезпечення безаварійної експлуатації будівель і споруд на основних стадіях їх життєвого циклу. *Містобудування та територіальне планування*. 2018. Вип. 68. С. 27-31.
68. Бородавка Є.В. Методологія створення інформаційної технології автоматизації життєвого циклу будівельних об'єктів: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.06. К.: КНУБА, 2017. 40 с.
69. Медведовський В.В., Ніколаєва Т.В. Управління інвестиціями у комунальні об'єкти на засадах аналізу вартості життєвого циклу. *Комунальне господарство міст*. 2011. №100. С. 45-53.
70. Сухонос М. К., Шеветовський В. В., Старостіна А. Ю. Модель життєвого циклу проектів будівництва промислових об'єктів. *Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура*, 2017, 139: 10-14.
71. Драпіковський О.І., Іванова І.Б. Методи аналізу витрат життєвого циклу нерухомості. *Просторовий розвиток*. 2023. №1. С.140-156.

72. Беленкова О., Локтіонова Я., Калашніков Д. Теоретичні підходи та практичні рекомендації до економічної діагностики бізнес-процесів підприємства. *Економіка та суспільство*. 2023. №56. <http://www.economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3030>

73. Сиволап Ю., Титок В. Методи оцінки життєвого циклу будівництва та їх ключові особливості. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*. 2023. №52(1). С. 101–109. DOI:[https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.52\(1\).101-109](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.52(1).101-109)

74. Schade J. Life cycle cost calculation models for buildings Department of Civil, Mining and Environmental Engineering Luleå University of Technology, Luleå, Sweden – INPRO, 2007, v.9. P.8.

75. Білик А.С. Екологічний та економічний аналіз життєвого циклу каркасів будівель: монографія. К.: УЦСБ, КНУБА, 7БЦ, 2022. 263 с.

76. Flanagan R., Jewell C., Norman G. Whole life appraisal for construction. John Wiley and Sons, 2005. 182 p. 15.

77. Malabi Larsen L.C., Birgisdottir H., Birkved M. Comparing life cycle assessment modelling of linear vs. circular building components. *In SBE19 Brussels - BAMB-CIRCPATH "Buildings as Material Banks – A Pathway For A Circular Future"* 5–7 February 2019, Brussels, Belgium. IOP Conference Series: Earth and Science. 2019. Vol. 225:012039. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/225/1/012039>

78. Панасюк О.В. Концепція вартості підприємства в контексті оцінки його фінансового стану. *Економіка і суспільство*. 2018. Вип. 19. С. 1319-1324 DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2018-19-196>

79. Cui, Xuefei & Li, Yuqing & Wang, Xiaole & Wang, Ziyi. (2022). Analysis of the Net Present Value and Equivalent Annual Cost in Optimal Machine Life. 10.2991/aebmr.k.220307.477.

80. Шаровська Т.С. Оцінка та аналіз реальних інвестицій. *Вісник Запорізького національного університету*. 2010. №1(5). С. 67-76.

81. Азьмук Л.А., Щербатюк О.М. Оцінка вигід і витрат суспільних об'єктів. *Стратегія економічного розвитку України*. 2021. №48. С. 80-95. DOI 10.33111/sedu.2021.48.080.095

82. Ellram, L. (1995). Total Cost of Ownership: An Analysis Approach for Purchasing. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 25. 4-23. 10.1108/09600039510099928.

83. PMI. (2017). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide) (6th ed.). Project Management Institute. <https://trainupinstitute.com/wp-content/uploads/2022/03/Project-Management-Institute-A-Guide-to-the-Project-Management-Body-of-Knowledge-PMBOK%C2%AE-Guide%E2%80%93Sixth-Edition-Project-Management-Institute-2017.pdf>

84. Gido, J., & Clements, J. P. (2015). Successful project management. 6th Edition. Cengage Learning. 552 p.

85. Meredith, J. R., & Mantel Jr, S. J. (2012). Project management: a managerial approach. John Wiley & Sons.

86. Галунка О., Беленкова О., Локтіонова Я. Інновації як імпет структурно-функціональних трансформацій взаємовідносин учасників будівництва. *Просторовий розвиток*, 2024, 9, 304–316.

87. Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., Teicholz, P. (2018). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. DOI: 10.1002/9781119287568.

88. Хоменко О., Петренко Г., Рижакова Г., Петруха Н., Чуприна Ю., Малихіна О., Кушнір О. Сучасні інструменти та програмні продукти адміністрування будівельними організаціями в умовах трансформації операційних систем менеджменту. *Управління розвитком складних систем*. 2022. No 52. С. 113–125. DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2022.52.113-125>

89. Stetsenko S., Tsyfra T., Vahovich I., Sichnyi S., Lytvynenko O. Information and analytical tools for monitoring the prices of material and technical resources (mtr) of construction. *Scientific Journal of Astana IT University*, 2021, 7(7), 63–76.

90. Gilbert, T., James, P., Smith, L., Barr, S., & Morley, J. (2021). Topological integration of BIM and geospatial water utility networks across the building envelope. *Computers, Environment and Urban Systems*, 86, 101570

91. Чеверда А.М., Артим В.І. Огляд методів і засобів інформаційної підтримки життєвого циклу СШНУ на основі BIM-технологій. *Scientific Bulletin of Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*. 2024. No1(56). С. 49–59. URL: [https://doi.org/10.31471/1993-9965-2024-1\(56\)-49-59](https://doi.org/10.31471/1993-9965-2024-1(56)-49-59) (дата звернення: 09.11.2024).
92. Бородавка Є.В. Модель розширюваної системи автоматизації життєвого циклу будівельного об'єкта. *Управління розвитком складних систем*. 2010. № 4. С. 69 - 71.
93. G.A. van Nederveen, F.P. Tolman, Modelling multiple views on buildings. *Automation in Construction*, 1992, Volume 1, Issue 3, Pages 215-224, [https://doi.org/10.1016/0926-5805\(92\)90014-B](https://doi.org/10.1016/0926-5805(92)90014-B).
94. Київська К. І., Лузіна Ю. В. Перспективи впровадження BIM технологій у вітчизняній будівельній галузі. *Управління розвитком складних систем*. 2021. No 46. С. 63-69.
95. Lukianova T., Donenko V., Klein R. Implementing Building Information Modelling for the Reconstruction Process of Unfinished Building Projects. In 2020 *IEEE European Technology and Engineering Management Summit (ETEMS)*. 2020. Pp. 1-6.
96. Левченко О., Михайленко А. BIM кадри від користувачів до експертів. *Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування*. 2020. № 56. С. 88–102. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2020.56.88-102>.
97. Чернишев Д. О., Київська К. І., Цюцюра С. В., Цюцюра М. І., Гоц В. В. Впровадження технології моделювання інформаційних об'єктів на етапах життєвого циклу. *Управління розвитком складних систем*. 2019. Випуск 40. С. 140-146.
98. Цифра Т.Ю. BIM як інструмент реформування системи ціноутворення (на прикладі дорожньо-будівельних підприємств Казахстану). *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 2021, 47(2), 167–178.

99. Hauschild M.Z. Introduction to LCA Methodology. In: Hauschild, M., Rosenbaum, R., Olsen, S. (eds) Life Cycle Assessment. Springer, Cham. 2018. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3_6.

100. Чуприна Ю., Мухін А., Гура Є., Гура О., Бородавка О. Ідентифікація провідних чинників зовнішнього та внутрішнього середовища впливу на економічну результативність впровадження стратегії нововведень для підприємств-учасників будівництва. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 2023, 52(3), 24–48.

101. Бінд В., Кучеренко О., Чуприна Х., Чуприна Ю., Горбач М., Петруха С. Вартісно-інжинірингові компоненти попередження економічних деструкцій в діяльності учасників проектів будівельного девелопменту. *Управління розвитком складних систем*. 2021. №45. С. 121–130.

102. Silva, F. & Salgado, M. (2017). The use of FTA to evaluate the potential of BIM platform in building rehabilitation. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*. 8. 3. 10.20396/parc.v8i1.8649200.

103. Charef, R. & Alaka, H. & Emmitt, S. (2018). Beyond the Third Dimension of BIM: A Systematic Review of Literature and Assessment of Professional Views. *Journal of Building Engineering*. 19. 10.1016/j.jobbe.2018.04.028.

104. Al-Raqeb, H., & Ghaffar, S. H. (2025). The Role of BIM 6D and 7D in Enhancing Sustainable Construction Practices: A Qualitative Study. *Technologies*, 13(2), 65. <https://doi.org/10.3390/technologies13020065>

105. Sharma P, Gupta S, Kumar L. A Critical Appraisal of Integrating 4D and 5D BIM into Construction Practice. *J. Adv. Res. Civil. Env. Eng.* 2017; 4(3): 1-8.

106. Alhumaid, A. M., Bin Mahmoud, A. A., & Almohsen, A. S. (2024). Value Engineering Adoption's Barriers and Solutions: The Case of Saudi Arabia's Construction Industry. *Buildings*, 14(4), 1017. <https://doi.org/10.3390/buildings14041017>.

107. Kehily D. & Underwood J. (2017). Embedding life cycle costing in 5D BIM. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, Vol. 22, pg. 145-167, <http://www.itcon.org/2017/8>

108. Ireland, V. (2006). Project Management: Strategic Design and Implementation. McGraw-Hill Education.
109. Clements-Croome, Derek. (2013). Sustainable Healthy Intelligent Buildings for People. Intelligent Buildings. Edition: 2. Chapter: 1. Publisher: ICE Publishing. <http://dx.doi.org/10.1680/ib.57340.001>
110. ДБН В.2.2-5:2023 "Захисні споруди цивільного захисту". URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3225773063500990463?doc_type=2
111. Про внесення змін до деяких постанов Кабінету Міністрів України з питань використання захисних споруд цивільного захисту: Постанова Кабінету Міністрів України № 1074 від 20.09.2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1074-2024-%D0%BF#Text>
112. Про схвалення Концепції впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM технологій) в Україні та затвердження плану заходів з її реалізації: Розпорядження Кабінету Міністрів України; Концепція, План, Заходи від 17.02.2021 No 152 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1522021%D1%80#Text>.
113. Goh, Bee & Sun, Yuting. (2015). The Development of Life-cycle Costing for Buildings. *Building Research and Information*. 44. 319-333. 10.1080/09613218.2014.993566.
114. Rostamiasl, V., & Jade, A. (2024). Integrating Building Information Modeling (BIM) and Life Cycle Cost Analysis (LCCA) to Evaluate the Economic Benefits of Designing Aging-In-Place Homes at the Conceptual Stage. *Sustainability*, 16(13), 5743. <https://doi.org/10.3390/su16135743>
115. Wieczorek, D. & Plebankiewicz, E. & Zima, K. (2019). Model estimation of the whole life cost of a building with respect to risk factors. *Technological and Economic Development of Economy*. 25. 20-38. 10.3846/tede.2019.7455.
116. Чуприна Ю.А. Залучення прикладних переваг BIM-технологій до методики і практики формування життєвого циклу проектів у складі державних цільових програм, які втілюються будівельним кластером. *Економіка та держава*. 2019. № 3. С. 67–70. DOI: 10.32702/2306-6806.2019.3.67

117. Life cycle costing. URL:
https://www.rics.org/content/dam/ricsglobal/documents/standards/life_cycle_costing_1st_edition_rics.pdf
118. Life Cycle Costing in Construction: Benefits, Formula & More. URL:
https://qstuts.com/life-cycle-costing-and-whole-life-cycle-cost/#google_vignette
119. Бушуєв С.Д., Бушуєва Н.С. Управління проектами розробки інтегрованих інформаційних технологій: конспект лекцій з рекомендаціями до практичних занять для студ. спец.8.000003 "Управління проектами". К.: КНУБА, 2002. 72 с.
120. Roger F., J.-F. Life-cycle costs in construction. (2003). 96 p.
<http://hdl.handle.net/2078.1/171424>.
121. Вахович І., Дем'яненко О., Богатюк Д. Методичні підходи до визначення вартості інжинірингових послуг на різних стадіях життєвого циклу об'єкту. Просторовий розвиток. 2023. № 5. С. 339–351.
DOI:<https://doi.org/10.32347/2786-7269.2023.5.339-351>
122. Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії Росії проти України станом на початок 2024 року. URL:
https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/04/01.01.24_Damages_Report.pdf
123. Україні знадобиться 524 мільярди доларів на відновлення після війни.
URL: <https://vilnohirsk.in.ua/ukrayini-znadobytsya-524-milyardy-dolariv-na-vidnovlennya-pislya-vijny-svitovyj-bank/>
124. Обсяг виробленої будівельної продукції. URL:
https://stat.gov.ua/uk/explorer?urn=SSSU%3ADF_ECONOM_INDC_SHORT-TERM_CONSTRUCTION_STAT%2811.0.0%29&filter=VOL_CONSTR_PRODUCT_ION.%2A.%2A.%2A.%2A.%2A
125. Показники щодо початку та завершення будівництва. URL:
https://stat.gov.ua/uk/explorer?urn=SSSU%3ADF_BEGINING_COMPLETION_CONSTRUCTION%2821.0.0%29&filter=RATE_RESIDEN_BUILD.%2A.%2A.%2A.%2A
126. Житловий фонд України. URL:
https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2020/zf/zf/2019_u.htm

127. Соціально-демографічні характеристики домогосподарств України 2021. URL: http://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2021/zb/07/zb_cdhd_21.pdf
128. Вбите житло: скільки його в Україні і як його реанімувати. URL: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-53809075>
129. Реновація застарілого житла в Україні. Підводні камені. І вдалий досвід Європи. URL: <https://finance.ua/ua/saving/renovacija-ustarevshego-zhilia-v-ukraine>
130. Азарова, І.Б. Управління ризиками проектів у галузі житлового будівництва. *Управління розвитком складних систем*. 2015. № 23 (1). С. 11 – 20.
131. Прав Ю.Г. Управління ризиками інвестиційно-будівельних проектів. і Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Державне управління. 2020. Том 31(70. №3. С. 175-180, DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-6468/2020.3/30>
132. Ризик-менеджмент будівельних підприємств проектоорієнтованого типу: монографія / О.А. Гавриш, К.О. Кузнєцова, В.А. Мельникова. Під редакцією Лисецької Н.М. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 211 с.
133. Слободська І.А., Стешенко М.В. Договір будівельного підряду як регулятор відносин у сфері будівництва. *Юридичний вісник. Повітряне і космічне право*. 2020. № 1. С. 120-126.
134. Духневич, А. & Лук'яненко, С. (2025). Особливості регулювання договірних відносин в Україні під час воєнного стану. *Social Development: Economic and Legal Issues*. 98-105. 10.70651/3083-6018/2025.1.12.
135. Як Ai Construction Takeoff заощаджує ваші витрати на проект. URL: <https://chinatileaccessories.com/uk/ai-construction-takeoff/>
136. СОУ ЖКГ 75.11-35077234.0016:2009 Збірник укрупнених показників вартості відтворення багатоповерхових житлових будинків. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=24960
137. Драпіковський О.І., Іванова І.Б. Оцінка нерухомого майна державної та комунальної власності. *Містобудування та територіальне планування*. 2012. Вип. 46. С. 197-213

138. Сорокіна Л.В., Гойко А.Ф., Стеценко С.П., Шапошнікова І.О., Гаврилюк В.Я. Статистика в управлінні економікою будівництва і нерухомості: навч. посіб. Київ: КНУБА, 2021. 168 с.

139. Стеценко С.П., Сорокіна Л.В., Ізмайлова К.В. Фінансовий аналіз та економічна діагностика: навч. посіб. Київ: КНУБА, 2019. 160 с.

140. Aboelmagd Y.M.R. Linear programming applications in construction sites. *Alexandria Engineering Journal*, 2018, Volume 57, Issue 4. P. 4177-4187. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2018.11.006>.

141. Amar, T.I., Nurcahyo, A., Bagaskara, G.J., & Wijaya, A.S. Optimization with crashing method and linear programming application on type 36 housing projects. *Astonjadro*, 2023. Volume 12, Issue 1, pp. 223-234. DOI:10.32832/astonjadro.v12i1.8436

142. Титок В.В., Сиволап Ю.В. Організаційно-економічне управління вартістю життєвого циклу будівельних об'єктів: проблеми та шляхи розв'язання. *Здобутки економіки: перспективи та інновації*, 2025, (15). <https://doi.org/10.5281/zenodo.14881912>

143. Титок В., Сиволап Ю. Обґрунтування значущості вибору проектного рішення та його вплив на загальну вартість життєвого циклу будівельного об'єкта. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 2025, 55(1), 273–284. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55\(1\).273-284](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55(1).273-284)

144. Сиволап Ю.В., Титок В.В. Економічні переваги використання BIM-технологій у будівельній сфері. *Інвестиції: практика та досвід*. 2024. №6. С.170-175 DOI: 10.32702/2306-6814.2024.6.170

145. Титок В.В., Сиволап Ю.В. Дослідження впливу вибору виду фасадних систем за допомогою ABC-аналізу на вартість життєвого циклу об'єкта будівництва. *Будівельне виробництво*. 2023. №76. С. 49-52. DOI: <https://doi.org/10.36750/2524-2555.76.49-52>

146. Сиволап Ю.В. Використання вартості життєвого циклу як критерію оцінювання тендерних пропозицій. *XVI-а загальноукраїнська науково-практична конференція «Визначення вартості об'єктів будівництва, проектних, будівельно-монтажних та ремонтно-будівельних робіт із застосуванням сучасних*

технологій. *Управління вартістю життєвого циклу об'єктів – 2024*» 28-31 травня 2024р. м. Івано-Франківськ.

147. Сиволап Ю.В., Титок В.В. Методологічні аспекти оптимізації вартості життєвого циклу об'єктів будівництва. *Проблеми генезису економіки інтелектуально-інноваційного капіталу: матеріали доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції* (м. Київ, 7-8 листопада 2023 року) у 2-х ч. / за заг. ред. В. М. Лича. Ч. 1. Київ: КНУБА, 2023. С. 181-182

148. Сиволап Ю.В., Титок В.В. Методологія управління вартістю на передпроектному етапі життєвого циклу об'єкту будівництва. *XVII Міжнародна конференція «Стратегія якості в промисловості і освіті»* 5-8 червня 2023 р., Варна, Болгарія: Матеріали. Електронне видання. – Дніпро, Журфонд, 2023. – С. 373-376

149. Сиволап Ю.В., Титок В.В. Огляд зарубіжного досвіду щодо управління вартістю життєвого циклу об'єктів будівництва. *Актуальні питання науки, освіти та технологій в умовах сучасних викликів: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції* (Кременчук, 9 травня 2023 р.): у 2 ч. Кременчук: ЦФЕНД, 2023. Ч. 2. С. 41-42.

150. Сиволап Ю.В., Титок В.В. Аналіз зарубіжного досвіду щодо оцінювання витрат життєвого циклу об'єкта будівництва. *«Build-Master-Class-2022» Proceedings of International Scientific – Practical Conference of Young Scientists* (30.11-02.12.2022 In Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine) . Pp. 435-436.

151. Сиволап Ю.В., Титок В.В. Основні підходи до оцінювання витрат життєвого циклу об'єкта будівництва. *Features and trends of socio-economic development in global and local dimensions: International scientific conference* (October 21-22, 2022. Leipzig, Germany). Riga, Latvia: “Baltija Publishing”, 2022. Pp. 78-81. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-244-9-18>

152. Титок В.В., Сиволап Ю.В. Особливості роботи служби замовника на різних етапах життєвого циклу об'єкта будівництва. *Програма та тези доповідей IV міжнародної науково-практичної конференції “Економіко-управлінські та*

інформаційно-аналітичні новації в будівництві” (7-8 червня 2022 р., м. Київ). –К.: Ліра-К, 2022. С. 55-57.

153. Сиволап Ю.В. Економіко-правові аспекти здійснення технічного нагляду за будівництвом в Україні. *Проблеми генезису економіки інтелектуально-інноваційного капіталу: матеріали доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції* (м. Київ, 4-5 листопада 2021 року) у 2-х ч. / за заг. ред. В. М. Лича. Ч. 2. Київ: КНУБА, 2021. С. 46-50.

**Короткий опис змісту стандартів ISO, EN та інших щодо питань
життєвого циклу**

Стандарт	Назва	Короткий опис
ISO 41001:2018	Facility management. Management systems. Requirements with guidance for use Управління об'єктами. Системи управління. Вимоги з інструкцією щодо використання.	Визначає вимоги до системи управління об'єктами (FM), коли організація: а) хоче продемонструвати ефективне та ефективне надання FM; б) має на меті послідовне задоволення потреб зацікавлених сторін і відповідних вимог; в) прагне бути стійкою у глобальному конкурентному середовищі.
ISO 55000:2014 – 55010:2019	Assets management Управління активами	Стандарти з управління (менеджменту) активами
ISO 14040: 2006 ISO 14040:2006/ AMD 1:2020	Environmental management. Life cycle assessment. Principles and framework. Екологічний менеджмент. Оцінка життєвого циклу. Принципи і структурна схема.	Описує принципи та рамки оцінки життєвого циклу (LCA), включаючи: визначення мети та обсягу LCA, фазу аналізу інвентаризації життєвого циклу (LCI), фазу оцінки впливу життєвого циклу (LCIA), життєвий цикл фаза інтерпретації циклу, звітність та критичний огляд LCA, обмеження LCA, взаємозв'язок між фазами LCA та умови використання варіантів цінності та необов'язкових елементів. Охоплює дослідження оцінки життєвого циклу (LCA) та дослідження життєвого циклу (LCI). Він не описує детально техніку LCA, а також не визначає методології для окремих етапів LCA
ISO 15686-1:2011 Переглянуто та підтверджено у 2020 році	Buildings and constructed assets. Service life planning. Part 1: General principles and framework. Будівлі та збудовані активи. Планування терміну служби. Частина 1: Загальні принципи та структура.	Стандарт визначає та встановлює загальні принципи планування терміну служби та систематичну основу для планування терміну служби запланованої будівлі або будівельних робіт протягом усього життєвого циклу (або життєвого циклу, що залишився для існуючих будівель або будівельних робіт). Життєвий цикл включає ініціювання, визначення проекту, проектування, будівництво, введення в експлуатацію, експлуатацію, технічне обслуговування, реконструкцію, заміну, демонтаж та остаточну утилізацію, переробку або повторне використання активу (або його частин), включаючи його компоненти,

		системи та будівельні послуги. Застосовується до планування терміну служби окремих будівель.
ISO 15686-2:2012 Переглянуто та підтверджено у 2013 році	Buildings and constructed assets. Service life planning. Part 2: Service life prediction procedures. Будівлі та збудовані активи. Планування терміну служби. Частина 2: Процедури прогнозування терміну служби.	Стандарт описує процедури, які полегшують прогнозування терміну служби будівельних компонентів на основі технічних та функціональних характеристик. Він містить загальні рамки, принципи та вимоги до проведення та звітності таких досліджень. Він не охоплює обмеження терміну служби через старіння або інші невимірні чи непередбачувані стани продуктивності.
ISO 15686-3:2002 Переглянуто та підтверджено у 2012 році	Buildings and constructed assets. Service life planning. Part 3: Performance audits and reviews. Будівлі та збудовані активи. Планування терміну служби. Частина 3: Аудит та огляди ефективності.	Стандарт стосується забезпечення ефективної реалізації планування терміну служби. Він описує підхід і процедури, які слід застосовувати до попередньої оцінки, проектування, будівництва та, якщо потрібно, управління життєдіяльністю та утилізації будинків і споруджених активів, щоб забезпечити розумну впевненість, що заходи, необхідні для досягнення задовільного результату з часом буде реалізовано.
ISO 15686-4:2014 Переглянуто та підтверджено у 2019 році	Buildings and constructed assets. Service life planning. Part 4: Service Life Planning using Building Information Modelling. Будівлі та збудовані активи. Планування терміну служби. Частина 4: Планування терміну служби з використанням інформаційного моделювання будівлі.	Стандарт містить рекомендації щодо використання стандартів для обміну інформацією для планування терміну служби будівель і споруджених активів та їх компонентів, а також необхідні допоміжні дані. Надає рекомендації щодо структурування інформації з існуючих джерел даних, щоб забезпечити доставку їх інформаційного вмісту у структурі, яка відповідає міжнародним стандартам обміну інформацією. Зокрема, зроблено посилання на ISO 16739. В якості альтернативного представлення використовується стандарт Construction Operations Building Information Exchange (COBie) для обміну інформацією про об'єкт у табличних даних. COBie — це табличне представлення формату IFC. ISO 15686-4:2014 також може застосовуватись до обміну інформацією про термін служби між програмними комплексами для проектування та управління інформацією, які мають інтерфейси обміну інформацією на основі стандартів, включаючи:

		а) Інформаційне моделювання будівництва будівель (BIM); б) Комп'ютерне управління об'єктами (CAFM).
ISO 15686-5:2017	Buildings and constructed assets. Service life planning. Part 5: Life-cycle costing. Будівлі та збудовані активи. Планування терміну служби. Частина 5: Калькуляція витрат протягом життєвого циклу.	Стандарт містить вимоги та вказівки щодо виконання аналізу вартості життєвого циклу (LCC) будівель і споруджених активів та їх частин, нових чи існуючих. ПРИМІТКА 1. Калькуляція витрат протягом життєвого циклу враховує витрати або грошові потоки, тобто відповідні витрати (і доходи та зовнішні ефекти, якщо вони включені в узгоджений обсяг), що виникають від придбання через експлуатацію до вибуття. ПРИМІТКА 2. Калькуляція витрат за життєвий цикл зазвичай включає порівняння між альтернативами або оцінку майбутніх витрат на рівні портфеля, проекту або компонента. Калькуляція витрат за життєвий цикл здійснюється протягом узгодженого періоду аналізу, чітко вказуючи на те, чи проводиться аналіз лише для частини або для всього життєвого циклу побудованого активу.
ISO 15686-7:2017	Buildings and constructed assets. Service life planning. Part 7: Performance evaluation for feedback of service life data from practice. Будівлі та збудовані активи. Планування терміну служби. Частина 7: Оцінка продуктивності для зворотного зв'язку з даними про термін служби з практики.	Стандарт забезпечує загальну основу для оцінки ефективності зворотного зв'язку з даними про термін служби існуючих будівель і споруджених активів, включаючи визначення термінів, які будуть використовуватися, і опис того, як (технічні) характеристики можуть бути описані та задокументовані для забезпечення узгодженості. Метою стандарту є опис принципів обстежень і оцінки терміну служби з акцентом на технічні рекомендації. Він описує загальну методологію, включаючи терміни, які будуть використовуватися, що надає вказівки щодо планування, документації та етапів інспектування, а також щодо аналізу та інтерпретації оцінок ефективності як на об'єкті (окрема будівля), так і на рівні мереж (комплекс будівель). Незважаючи на те, що планування технічного обслуговування виходить за рамки цього документа, контроль технічного обслуговування і подальші рекомендовані дії можуть мати значний

		вплив на термін служби та продуктивність.
ISO 15686-8:2008 Переглянуто та підтверджено у 2018 році	Buildings and constructed assets. Service life planning. Part 8: Reference service life and service-life estimation. Будівлі та збудовані активи. Планування терміну служби. Частина 8: Довідковий термін служби та оцінка терміну служби.	Стандарт містить вказівки щодо надання, вибору та форматування довідкових даних про термін служби та щодо застосування цих даних для цілей розрахунку очікуваного терміну служби за допомогою факторного методу. ISO 15686-8:2008 не дає вказівок щодо того, як оцінити частину модифікації або значення факторів від А до G, використовуючи дані еталонних умов використання та специфічні для об'єкта умови використання.
ISO 15686-9:2008 Переглянуто та підтверджено у 2020 році	Buildings and constructed assets. Service life planning. Part 9: Guidance on assessment of service-life data. Будівлі та збудовані активи. Планування терміну служби. Частина 9: Керівництво з оцінки даних про термін служби.	Стандарт дає рекомендації щодо отримання та представлення довідкових даних про термін служби. Він застосовується до виробників, які надають довідкові дані про термін служби для використання в плануванні терміну служби відповідно до ISO 15686-1, ISO 15686-2, ISO 15686-3, ISO 15686-5, ISO 15686-6, ISO 15686-7 та ISO 15686-8.
ISO 15686-10:2010	Buildings and constructed assets. Service life planning. Part 10: When to assess functional performance. Будівлі та збудовані активи. Планування терміну служби. Частина 10: Коли оцінювати функціональні характеристики.	Стандарт встановлює, коли необхідно встановлювати або перевіряти вимоги до функціональних характеристик протягом терміну служби будівель і об'єктів, пов'язаних з будівлею, і коли перевіряти здатність будівель і споруд на відповідність визначеним вимогам. ISO 15686-10:2010 застосовується до будь-якої сфери власності, будь то комплекс (або портфоліо) будівель, окрема будівля (велика чи мала) або об'єкт, який є частиною будівлі (наприклад, одна група приміщень, один поверх або кілька поверхів). Він може застосовуватись до багатьох зацікавлених сторін від власників і менеджерів до мешканців, орендарів або інших користувачів.
ISO 15686-11:2014	Buildings and constructed assets. Service life planning. Part 11: Terminology.	Стандарт містить компіляцію термінів і визначень понять, які були стандартизовані для створення словника, щодо аспектів будівництва, використання будівлі або будівельних робіт а також планування

	Будівлі та збудовані активи. Планування терміну служби. Частина 11: Термінологія.	терміну служби. ISO/TR 15686-11:2014 складається з термінів і визначень, включених до різних частин ISO 15686, а також їхніх скорочених позначень, якщо це можливо. Терміни та визначення понять, наведені в пункті 3, разом з будь-якими відповідними скороченими позначеннями, включають поняття, які були стандартизовані та/або застосовані в рамках SC 14, а також ряд інших, які спочатку були розроблені в інших місцях ISO. Перехресне посилання міститься в кожному з визначень на конкретну частину стандарту ISO 15686, в якій визначено поняття, а також на міжнародний стандарт(и), з якого(их) походить визначення, якщо не зазначено інше..
ISO 15663:2021	Petroleum, petrochemical and natural gas industries. Life cycle costing. Нафтова, нафтохімічна та газова промисловість. Калькуляція життєвого циклу.	Стандарт визначає вимоги та надає рекомендації щодо застосування калькуляції життєвого циклу для створення цінності для діяльності з розробки та операцій, пов'язаних із бурінням, розробкою, переробкою та транспортуванням нафти, нафтохімічних та природних ресурсів. Цей документ охоплює об'єкти та пов'язані з ними види діяльності в межах різних категорій бізнесу. Процес калькуляції витрат життєвого циклу, описаний у цьому документі, застосовується при прийнятті рішень між конкуруючими варіантами, які різняться за вартістю та/або економічною цінністю. Цей документ не стосується прийняття рішень, пов'язаних з економічними показниками окремих опціонів або опцій, що відрізняються за факторами, відмінними від вартості чи економічної цінності. Надано рекомендації щодо методології управління та застосування калькуляції життєвого циклу для підтримки прийняття рішень на всіх етапах життєвого циклу. Обсяг планування та управління залежить від величини залучених витрат, потенційної вартості, яку можна створити, та фази життєвого циклу. Він також надає засоби для визначення факторів витрат і забезпечує структуру контролю витрат для цих факторів витрат, що дозволяє ефективно контролювати витрати та оптимізувати їх протягом усього терміну служби активу.

Додаток Б

Вибірка даних про об'єкти оцінки нерухомості для порівняльного аналізу

Оціночна вартість об'єкта оцінки грн	Регіон об'єкта оцінювання	Оціночна вартість частки, грн	Вид об'єкта нерухомості	Тип будинку	Рік введення в експлуатацію	Загальна площа, кв.м	Площа житлових приміщень, кв. м	Матеріал стін	Матеріал перекриття	Інженерне обладнання	Технічний стан
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1961394	М.КИЇВ	1961394	КБЖБ	«БМЗ»	1976	52,6	29,1	блоки керамзитобетонні, перлітобетонні, вапнякові	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація	задовільний
5112000	КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	5112000	житловий будинок	БОМЗ	2012	422,5	221,3	цегла	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення автономне	задовільний
1435000	КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	1435000	житловий будинок	БСТ	2019	95,7	48,4	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення	задовільний
2967137	КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	2967137	КБЖБ	«БМЗ»	1999	61,5	34,3	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення	задовільний
1469000	КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	1469000	житловий будинок	БОМЗ	2010	221,1	31,3	інші (зазначити)	дерев'яні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення автономне	задовільний
747050	ЗАПОРІЗЬКА ОБЛАСТЬ	747050	КМЖБ	«БМЗ»	1951	46,49	30,44	шлакобетонні, глинобитні	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
450883,5	ДНІПРОПЕТРО ВСЬКА ОБЛАСТЬ	450883,5	КМЖБ	«БМЗ»	1955	42,3	24	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	добрий
133800	ДОНЕЦЬКА ОБЛАСТЬ	133800	КБЖБ	«БМЗ»	1980	66,3	38,2	інші (зазначити)	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення,каналізація, газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж), ліфт	задовільний
152400	СУМСЬКА ОБЛАСТЬ	161400	Д(С)Б	інше (зазначити)	1986	41,5	8,2	цегла	дерев'яні	електрозабезпечення,опалення автономне	задовільний

878980	ХАРКІВСЬКА ОБЛАСТЬ	878980	КБЖБ	«БМЗ»	1982	32,4	16,3	блоки керамзитобетонні	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	відмінний
192500	СУМСЬКА ОБЛАСТЬ	192500	КБЖБ	«Хрущовка »	1970	31,8	16,9	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
430680	СУМСЬКА ОБЛАСТЬ	430680	КБЖБ	інше (зазначити)	1968	55,4	38,5	цегла	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
1002618	ЧЕРКАСЬКА ОБЛАСТЬ	1002618	КМЖБ	«БМЗ»	1980	30,5	16,6	цегла, природний камінь	змішаної конструкції	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	відмінний
1469290	ХАРКІВСЬКА ОБЛАСТЬ	1469290	КБЖБ	«БМЗ»	1979	48,7	25	цегла	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
482200	ДНІПРОПЕТРО ВСЬКА ОБЛАСТЬ	482200	КБЖБ	«БМЗ»	1992	52,17	28,5	інші (зазначити)	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж),ліфт	задовільний
60000	ПОЛТАВСЬКА ОБЛАСТЬ	60000	КБЖБ	«Хрущовка »	1980	31,16	16,77	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж),вентиляція	задовільний
465000	ДНІПРОПЕТРО ВСЬКА ОБЛАСТЬ	465000	КМЖБ	«Хрущовка »	1962	43,4	27,2	інші (зазначити)	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
1429920	ХАРКІВСЬКА ОБЛАСТЬ	1429920	КБЖБ	«БМЗ»	2018	41,4	17,4	цегла	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація	задовільний
782000	ОДЕСЬКА ОБЛАСТЬ	782000	КБЖБ	інше (зазначити)	1999	32,1	11,3	інші (зазначити)	інше	електрозабезпечення	задовільний
1094589	КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	1094589	КМЖБ	«БМЗ»	2007	52,5	30,9	цегла	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація	задовільний
850200	ДНІПРОПЕТРО ВСЬКА ОБЛАСТЬ	850200	КБЖБ	«БМЗ»	1988	63,3	36,9	інші (зазначити)	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж),ліфт	задовільний

505500	М.КИЇВ	505500	Г/КВ/ЖПуГ	«БМЗ»	1936	17,4	17,4	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація	задовільний
120000	ПОЛТАВСЬКА ОБЛАСТЬ	120000	КБЖБ	«Хрущовка»	1980	45,7	27,7	блоки керамзитобетонні, перлітобетонні, вапнякові	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж),вентиляція	задовільний
1464000	ПОЛТАВСЬКА ОБЛАСТЬ	1464000	КБЖБ	«БМЗ»	2000	50,8	29,1	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж),ліфт	добрий
598630	ХАРКІВСЬКА ОБЛАСТЬ	598630	КБЖБ	«БМЗ»	1958	43,7	27,7	цегла	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
1276012	ЧЕРКАСЬКА ОБЛАСТЬ	1276012	КБЖБ	«БМЗ»	1980	36	19,4	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація	задовільний
284870	КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	284870	житловий будинок	БСТ	1958	72,3	34,8	дерев'яні (колода, брус)	дерев'яні	електрозабезпечення	задовільний
665696	ЧЕРКАСЬКА ОБЛАСТЬ	665696	КБЖБ	«БМЗ»	1985	50,4	29	монолітні, монолітні, які обкладені цеглою	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
2276485	ВІННИЦЬКА ОБЛАСТЬ	2276485	КБЖБ	інше (зазначити)	2011	47,5	19,5	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення автономне	задовільний
107000	ПОЛТАВСЬКА ОБЛАСТЬ	107000	КБЖБ	«Хрущовка»	1980	31,6	17,9	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж),вентиляція	задовільний
1447800	КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	1447800	КБЖБ	«БМЗ»	2017	44	21,5	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
597500	ДНІПРОПЕТРОВСЬКА ОБЛАСТЬ	597500	КБЖБ	«БМЗ»	1987	47,4	26	інші (зазначити)	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж),ліфт	задовільний
459276	ПОЛТАВСЬКА ОБЛАСТЬ	521000	житловий будинок	БСТ	1915	53	20,4	цегла, природний камінь	дерев'яні	електрозабезпечення,газифікація,опалення автономне	задовільний
430962	ДНІПРОПЕТРОВСЬКА	215481	житловий будинок	БОМЗ	1930	75,3	43,9	монолітні, монолітні, які	дерев'яні	електрозабезпечення, водозабезпечення,	незадовільний

	ОБЛАСТЬ							обкладені цеглою		каналізація,газифікація	
409893	МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	409893	КМЖБ	«Хрущовка»	1980	56,2	36,6	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
12741	ОДЕСЬКА ОБЛАСТЬ	135250	житловий будинок	БСТ	1960	53,2	33,7	шлакобетонні, глинобитні	дерев'яні	електрозабезпечення,опалення автономне	задовільний
193000	ЧЕРНІВЕЦЬКА ОБЛАСТЬ	833900	житловий будинок	БОМЗ	1980	52,3	40,5	цегла, природний камінь	змішаної конструкції	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення автономне	задовільний
13822	МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	20438	житловий будинок	БСТ	1960	43,7	34,5	шлакобетонні, глинобитні	дерев'яні	електрозабезпечення,опалення автономне	задовільний
479247	ДНІПРОПЕТРОВСЬКА ОБЛАСТЬ	479247	КБЖБ	«БМЗ»	1994	51,3	30,7	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
638500	ОДЕСЬКА ОБЛАСТЬ	638500	КБЖБ	«Хрущовка»	1970	30,5	17,1	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
370463	КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	370463	житловий будинок	БСТ	1963	80,6	59,5	шлакобетонні, глинобитні	дерев'яні	електрозабезпечення	задовільний
648889	ОДЕСЬКА ОБЛАСТЬ	648889	КБЖБ	«Хрущовка»	1970	32,6	17,3	монолітні, монолітні, які обкладені цеглою	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
1032073	ПОЛТАВСЬКА ОБЛАСТЬ	1032073	КБЖБ	«БМЗ»	2023	40,9	13,9	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
902000	ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА ОБЛАСТЬ	902000	житловий будинок	інше (зазначити)	2020	63,9	29	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення	задовільний
1849769	ОДЕСЬКА ОБЛАСТЬ	1849769	КБЖБ	«БМЗ»	1986	66,5	37,1	інші (зазначити)	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	добрий
3250800	КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	7880800	житловий будинок	БСТ	2005	120,8	58,4	інші (зазначити)	змішаної конструкції	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	добрий
1417289	ХАРКІВСЬКА ОБЛАСТЬ	1417289	КБЖБ	«БМЗ»	1985	71,2	41,5	блоки керамзитобетонні	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	добрий

1011350	ТЕРНОПІЛЬСЬКА ОБЛАСТЬ	1011350	КБЖБ	«Хрущовка»	1970	27,5	13,8	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
1100000	МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	1100000	КБЖБ	«БМЗ»	1980	43,9	27,4	цегла, природний камінь	залізобетонні	водозабезпечення	задовільний
190757	ПОЛТАВСЬКА ОБЛАСТЬ	190757	КБЖБ	«БМЗ»	1978	63	44,9	монолітні, монолітні, які обкладені цеглою	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
268800	ДНІПРОПЕТРОВСЬКА ОБЛАСТЬ	268800	КБЖБ	«БМЗ»	1963	45,5	32,9	блоки керамзитобетонні, перлітобетонні, вапнякові	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
105100	ДОНЕЦЬКА ОБЛАСТЬ	105100	житловий будинок	БСТ	1972	57,1	35,8	цегла, природний камінь	дерев'яні	електрозабезпечення, водозабезпечення	задовільний
804269	МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	804269	КБЖБ	«БМЗ»	1950	42,2	26,9	інші (зазначити)	інше	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
1025001	МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	1025001	житловий будинок	БСТ	1940	57,5	41,1	цегла, природний камінь	дерев'яні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
2366965, 38	КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	2366965, 38	КБЖБ	«БМЗ»	2023	66,1	32,4	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення	задовільний
1126700	ОДЕСЬКА ОБЛАСТЬ	1126700	Г/КВ/ЖПуГ	інше (зазначити)	2019	92,8	48,9	блоки керамзитобетонні, перлітобетонні, вапнякові	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
620816	ЛЬВІВСЬКА ОБЛАСТЬ	620816	КМЖБ	«БМЗ»	1991	33	18,1	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
355610	СУМСЬКА ОБЛАСТЬ	355610	житловий будинок	БСТ	1938	47,9	22,1	дерев'яні (колода, брус)	дерев'яні	електрозабезпечення,опалення автономне	задовільний
408000	ДНІПРОПЕТРОВСЬКА ОБЛАСТЬ	408000	житловий будинок	БСТ	1972	67	45,2	цегла	дерев'яні	електрозабезпечення,водозабезпечення	задовільний
218057	РІВНЕНСЬКА ОБЛАСТЬ	326057	житловий будинок	БСТ	2008	39,7	19,4	цегла, природний камінь	дерев'яні	електрозабезпечення,опалення автономне	задовільний
1580000	КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	1580000	КБЖБ	«Новобудова»	2023	43,6	16,6	інші (зазначити)	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення автономне,вентиляція,ліфт	без оздоблення
216513	КИЇВСЬКА	216513	житловий	БСТ	1964	60,4	38,8	дерев'яні (щитові,	дерев'яні	електрозабезпечення	задовільний

	ОБЛАСТЬ		будинок					каркасно-обшивні)			
1198587	ПОЛТАВСЬКА ОБЛАСТЬ	1198587	КБЖБ	«БМЗ»	1979	40,9	19	монолітні, монолітні, які обкладені цеглою	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
390020	ОДЕСЬКА ОБЛАСТЬ	390020	житловий будинок	БСТ	1970	91,2	59,4	цегла, природний камінь	дерев'яні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
1630000	ІВАНО- ФРАНКІВСЬК А ОБЛАСТЬ	1630000	КБЖБ	«БМЗ»	2000	66,5	39,4	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення	задовільний
1700371	ЛЬВІВСЬКА ОБЛАСТЬ	1700371	житловий будинок	БСТ	2008	184,9	106,5	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
395082,2 5	ДНІПРОПЕТРО ВСЬКА ОБЛАСТЬ	395082,2 5	КБЖБ	«Хрущовка »	1963	17,1	10,5	інші (зазначити)	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
700000	МИКОЛАЇВСЬ КА ОБЛАСТЬ	700000	житловий будинок	БСТ	1965	48,7	40,3	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення	задовільний
1329800	М.КИЇВ	1329800	КБЖБ	«БМЗ»	1972	29,6	14,9	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
2050000	ІВАНО- ФРАНКІВСЬК А ОБЛАСТЬ	2050000	КБЖБ	«БМЗ»	2019	70,3	31,6	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення автономне	задовільний
1409000	ТЕРНОПІЛЬСЬ КА ОБЛАСТЬ	1409000	КМЖБ	«БМЗ»	1930	76,7	46,7	цегла, природний камінь	дерев'яні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,інше (зазначити)	задовільний
1145780	МИКОЛАЇВСЬ КА ОБЛАСТЬ	1145780	КМЖБ	«БМЗ»	1981	49,7	25,5	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення,водозабезпеченн я,опалення автономне	добрий
1111614	МИКОЛАЇВСЬ КА ОБЛАСТЬ	1111614	КБЖБ	«БМЗ»	1989	58,4	39,3	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
160300	СУМСЬКА ОБЛАСТЬ	160300	Г/КВ/ЖПуГ	«БМЗ»	1973	13,6	13,6	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
2468796	ОДЕСЬКА ОБЛАСТЬ	2468796	КБЖБ	«Новобудов а»	2016	59	32,4	інші (зазначити)	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення автономне,ліфт	добрий

413277	ДНІПРОПЕТРОВСЬКА ОБЛАСТЬ	413277	КБЖБ	«Новобудова»	1955	62,6	44,7	монолітні, монолітні, які обкладені цеглою	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
1437362	ХМЕЛЬНИЦЬКА ОБЛАСТЬ	1437362	КБЖБ	«БМЗ»	2011	54,4	28,3	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
448400	ХАРКІВСЬКА ОБЛАСТЬ	448400	КБЖБ	«БМЗ»	1973	45,3	31	монолітні, монолітні, які обкладені цеглою	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	добрий
2745000	РІВНЕНСЬКА ОБЛАСТЬ	2745000	КБЖБ	«БМЗ»	1994	106,3	57,1	інші (зазначити)	інше	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,ліфт	задовільний
4591118	ОДЕСЬКА ОБЛАСТЬ	4591118	житловий будинок	БСТ	2021	95,8	32,6	інші (зазначити)	дерев'яні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
1501000	ЧЕРКАСЬКА ОБЛАСТЬ	1501000	КБЖБ	«Новобудова»	2022	40,1	16,5	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення автономне,ліфт	без оздоблення
306415	СУМСЬКА ОБЛАСТЬ	306415	КМЖБ	«БМЗ»	2000	64,1	40	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення автономне	задовільний
369200	ДНІПРОПЕТРОВСЬКА ОБЛАСТЬ	369200	КМЖБ	«БМЗ»	1946	34,4	21,1	цегла, природний камінь	дерев'яні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
182398	ОДЕСЬКА ОБЛАСТЬ	182398	житловий будинок	БСТ	1960	63,7	37,1	шлакобетонні, глинобитні	дерев'яні	електрозабезпечення	задовільний
1346648	ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА ОБЛАСТЬ	1346648	КБЖБ	«БМЗ»	2025	40,2	14,2	монолітні, монолітні, які обкладені цеглою	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація	задовільний
1578974, 77	КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	1578974, 77	житловий будинок	БСТ	2024	61,8	30,6	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення	задовільний
1184930	ЛЬВІВСЬКА ОБЛАСТЬ	1184930	КМЖБ	«БМЗ»	1881	14,3	6,1	цегла, природний камінь	дерев'яні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
1072361	КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	1072361	КБЖБ	«БМЗ»	1987	34,1	17,4	монолітні, монолітні, які обкладені цеглою	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж),ліфт	задовільний

360000	ІВАНО- ФРАНКІВСЬК А ОБЛАСТЬ	360000	житловий будинок	БСТ	1922	132,4	77,1	цегла, природний камінь	дерев'яні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення автономне	задовільний
2082545	ЛЬВІВСЬКА ОБЛАСТЬ	2082545	КБЖБ	«БМЗ»	2022	53,7	33,6	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація	задовільний
1400000	ОДЕСЬКА ОБЛАСТЬ	1400000	КБЖБ	«БМЗ»	2019	34,7	17,1	інші (зазначити)	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація	задовільний
409681	ЛЬВІВСЬКА ОБЛАСТЬ	409681	житловий будинок	БСТ	1980	66,5	44,2	цегла, природний камінь	дерев'яні	електрозабезпечення	задовільний
5218000	КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	5218000	житловий будинок	БСТ	2010	348,8	81,9	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення	задовільний
800000	ВІННИЦЬКА ОБЛАСТЬ	800000	житловий будинок	інше (зазначити)	2022	47	17,9	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
312484	ОДЕСЬКА ОБЛАСТЬ	312484	Г/КВ/ЖПуГ	інше (зазначити)	1900	13,16	7,7	вапнякові	дерев'яні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,інше (зазначити)	задовільний
880000	ІВАНО- ФРАНКІВСЬК А ОБЛАСТЬ	880000	житловий будинок	інше (зазначити)	2020	57,8	44,8	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення	задовільний
2604699	М.КИЇВ	2604699	КБЖБ	«БМЗ»	2017	29,5	16,9	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація	задовільний
118100	ПОЛТАВСЬКА ОБЛАСТЬ	118100	житловий будинок	БСТ	1967	60,1	37,1	інші (зазначити)	дерев'яні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
2035014	ДНІПРОПЕТРО ВСЬКА ОБЛАСТЬ	2035014	житловий будинок	БСТ	1973	82,7	49,5	шлакобетонні, глинобитні	дерев'яні	електрозабезпечення,водозабезпеченн я,газифікація	задовільний
425100	ДНІПРОПЕТРО ВСЬКА ОБЛАСТЬ	425100	житловий будинок	БСТ	1982	61,3	34,5	цегла, природний камінь	дерев'яні	електрозабезпечення	задовільний
904000	ІВАНО- ФРАНКІВСЬК А ОБЛАСТЬ	904000	житловий будинок	інше (зазначити)	2020	60,9	29,6	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення	задовільний
627934	КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	627934	КБЖБ	«БМЗ»	1978	20	11,1	монолітні, монолітні, які обкладені цеглою	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний

397800	ДНІПРОПЕТРОВСЬКА ОБЛАСТЬ	397800	житловий будинок	БСТ	1959	54,8	38,2	блоки керамзитобетонні, перлітобетонні, вапнякові	дерев'яні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення автономне	задовільний
838359	МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	838359	КБЖБ	«БМЗ»	1974	43,8	30,8	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
2290916	М.КИЇВ	2290916	КБЖБ	«БМЗ»	1975	64,66	40,7	інші (зазначити)	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація	задовільний
2300000	М.КИЇВ	2300000	КБЖБ	інше (зазначити)	1976	58,1	41,1	блоки керамзитобетонні, перлітобетонні, вапнякові	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
1396000	М.КИЇВ	1396000	КБЖБ	«БМЗ»	1976	35,4	16,2	блоки керамзитобетонні	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
517300	ДНІПРОПЕТРОВСЬКА ОБЛАСТЬ	258650	КБЖБ	«БМЗ»	1970	44	27,5	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
3752503	КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	3752503	КБЖБ	«БМЗ»	2017	70,4	35,9	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація	задовільний
1948800	РІВНЕНСЬКА ОБЛАСТЬ	2058800	житловий будинок	БСТ	2024	77,9	39	цегла, природний камінь	дерев'яні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,опалення автономне	добрий
1959712	М.КИЇВ	1959712	КБЖБ	«БМЗ»	1989	38,3	12,5	монолітні, монолітні, які обкладені цеглою	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
2470000	МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	2470000	КБЖБ	«БМЗ»	1950	79,7	48,7	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення	задовільний
1490960	КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	1718020	житловий будинок	БСТ	1970	103,5	48	цегла, природний камінь	дерев'яні	електрозабезпечення	задовільний
611000	ХАРКІВСЬКА ОБЛАСТЬ	611000	КБЖБ	«БМЗ»	1970	43,55	24,26	блоки керамзитобетонні, перлітобетонні, вапнякові	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
149591	ДНІПРОПЕТРОВСЬКА ОБЛАСТЬ	149591	КБЖБ	«БМЗ»	1996	38,2	19,2	блоки керамзитобетонні, перлітобетонні, вапнякові	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
2118499	М.КИЇВ	2118499	КБЖБ	«БМЗ»	1958	64,66	32,5	цегла, природний	залізобетонні	електрозабезпечення,	задовільний

								камінь		водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	
1365300	ПОЛТАВСЬКА ОБЛАСТЬ	1365300	КБЖБ	«Хрущовка »	1969	46,8	30,7	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
754600	ОДЕСЬКА ОБЛАСТЬ	754600	КБЖБ	«БМЗ»	1990	34,3	17,3	блоки керамзитобетонні, перлітобетонні, вапнякові	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
3755824	М.КИЇВ	3755824	КБЖБ	«БМЗ»	2007	91,1	46,7	блоки керамзитобетонні, перлітобетонні, вапнякові	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація	задовільний
1095846	ОДЕСЬКА ОБЛАСТЬ	1095846	КБЖБ	«БМЗ»	1968	62,8	43,6	монолітні, монолітні, які обкладені цеглою	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
338436	ТЕРНОПІЛЬСЬ КА ОБЛАСТЬ	585914	житловий будинок	БСТ	1962	76,5	47,1	шлакобетонні, глинобитні	дерев'яні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
1201784	КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	1640484	житловий будинок	БОМЗ	1925	89,4	48,3	цегла	дерев'яні	електрозабезпечення,опалення автономне	задовільний
1154867	ХМЕЛЬНИЦЬК А ОБЛАСТЬ	1154867	КБЖБ	«БМЗ»	1974	44,9	27,3	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
1560000	СУМСЬКА ОБЛАСТЬ	1560000	КБЖБ	«БМЗ»	2022	91	50,3	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
540550	КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	540550	КБЖБ	інше (зазначити)	1971	12,6	8	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,опалення автономне	добрий
3733251	М.КИЇВ	3733251	КБЖБ	«Новобудов а»	2017	52	23,1	монолітні, монолітні, які обкладені цеглою	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	добрий
397800	ДНІПРОПЕТРО ВСЬКА ОБЛАСТЬ	397800	КБЖБ	інше (зазначити)	1974	42,7	29,2	інші (зазначити)	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
2548037	ЗАКАРПАТСЬ КА ОБЛАСТЬ	2548037	КБЖБ	«БМЗ»	2021	44,6	15,4	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний

64396	ВІННИЦЬКА ОБЛАСТЬ	64396	житловий будинок	БСТ	1961	77,8	36,6	шлакобетонні, глинобитні	дерев'яні	електрозабезпечення	задовільний
460288	ЗАПОРІЗЬКА ОБЛАСТЬ	460288	КБЖБ	«БМЗ»	1978	28,5	14,1	блоки керамзитобетонні, перлітобетонні, вапнякові	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж),ліфт	задовільний
4392420	М.КИЇВ	4392420	КБЖБ	«БМЗ»	2009	93	46,2	інші (зазначити)	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж),ліфт	добрий
1340379	М.КИЇВ	1340379	КБЖБ	«БМЗ»	1973	22,9	10	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
1214460	МИКОЛАЇВСЬ КА ОБЛАСТЬ	1214460	КБЖБ	«БМЗ»	1975	42,6	24,7	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	добрий
3254200	ОДЕСЬКА ОБЛАСТЬ	3254200	КБЖБ	«Новобудов а»	2020	91,8	43,6	інші (зазначити)	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,опалення автономне,ліфт,телекомунікації	добрий
2587413	М.КИЇВ	2587413	КБЖБ	«БМЗ»	1963	59,6	41,7	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
1825024	ХАРКІВСЬКА ОБЛАСТЬ	1825024	КБЖБ	«БМЗ»	2019	48,3	19,4	інші (зазначити)	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація	задовільний
350150	ХАРКІВСЬКА ОБЛАСТЬ	350150	КБЖБ	«БМЗ»	1976	28,3	16,4	цегла	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
870510,7 4	ДНІПРОПЕТРО ВСЬКА ОБЛАСТЬ	870510,7 4	КБЖБ	«БМЗ»	1980	38,1	19,3	інші (зазначити)	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
2221086	ОДЕСЬКА ОБЛАСТЬ	2221086	КБЖБ	«БМЗ»	2020	103,1	33,2	інші (зазначити)	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
2917698	М.КИЇВ	2917698	КБЖБ	«БМЗ»	1960	68,8	30	монолітні, монолітні, які обкладені цеглою	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний

366171	ОДЕСЬКА ОБЛАСТЬ	366171	житловий будинок	БСТ	1958	82,1	39	природний камінь	дерев'яні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
811400	ХАРКІВСЬКА ОБЛАСТЬ	811400	КБЖБ	«Хрущовка »	1975	45,5	27,9	інші (зазначити)	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
265252	ПОЛТАВСЬКА ОБЛАСТЬ	271985	житловий будинок	БСТ	2004	67,8	33,4	цегла, природний камінь	дерев'яні	електрозабезпечення,без опалення	задовільний
5254821, 46	КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	5269794, 18	житловий будинок	БСТ	2021	143,7	69,4	інші (зазначити)	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація	задовільний
549000	ХАРКІВСЬКА ОБЛАСТЬ	549000	КМЖБ	«БМЗ»	1976	35,5	22,6	блоки керамзитобетонні	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
3700000	КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	3700000	КБЖБ	«Новобудов а»	2019	63,1	15	цегла	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
2236532	ЖИТОМИРСЬК А ОБЛАСТЬ	2236532	КБЖБ	інше (зазначити)	1990	51,75	29,4	блоки керамзитобетонні, перлітобетонні, вапнякові	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
3407100	М.КИЇВ	3407100	КБЖБ	«Новобудов а»	2023	73	42,7	блоки керамзитобетонні, перлітобетонні, вапнякові	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	відмінний
780673	ДНІПРОПЕТРО ВСЬКА ОБЛАСТЬ	780673	КМЖБ	«БМЗ»	1957	68,3	50,5	цегла, природний камінь	дерев'яні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
411670	ЖИТОМИРСЬК А ОБЛАСТЬ	422045	житловий будинок	БСТ	1998	105,1	52,4	цегла	дерев'яні	електрозабезпечення,без опалення	задовільний
784700	ОДЕСЬКА ОБЛАСТЬ	784700	КБЖБ	«БМЗ»	1968	40	26,1	цегла	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
4080101	РІВНЕНСЬКА ОБЛАСТЬ	4080101	КМЖБ	«БМЗ»	1980	85	63,9	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
71418	ЧЕРНІГІВСЬКА ОБЛАСТЬ	71418	житловий будинок	БСТ	1977	65,7	39,8	дерев'яні (щитові, каркасно-обшивні)	дерев'яні	електрозабезпечення	задовільний

1272000	М.КИЇВ	1272000	КБЖБ	«БМЗ»	1972	31	12,8	блоки керамзитобетонні, перлітобетонні, вапнякові	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
1185694	ОДЕСЬКА ОБЛАСТЬ	1185694	КБЖБ	«БМЗ»	1980	38,3	19,3	інші (зазначити)	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	добрий
49700	ВІННИЦЬКА ОБЛАСТЬ	49700	житловий будинок	БСТ	1951	60,1	48,3	природний камінь	дерев'яні	електрозабезпечення,опалення автономне	задовільний
955758	ЧЕРКАСЬКА ОБЛАСТЬ	955758	КБЖБ	«БМЗ»	1968	47,2	33,1	монолітні, монолітні, які обкладені цеглою	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
2568110	М.КИЇВ	2568110	КБЖБ	«БМЗ»	1978	72,1	42,2	монолітні, монолітні, які обкладені цеглою	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
440014	ЛЬВІВСЬКА ОБЛАСТЬ	455043	житловий будинок	БСТ	1961	83	27,6	дерев'яні (колода, брус)	дерев'яні	електрозабезпечення,газифікація	задовільний
138700	ДНІПРОПЕТРО ВСЬКА ОБЛАСТЬ	138700	житловий будинок	БСТ	1994	93,6	53,2	блоки керамзитобетонні, перлітобетонні, вапнякові	залізобетонні	водозабезпечення,каналізація,газифіка ція,опалення автономне	задовільний
867744	ЧЕРКАСЬКА ОБЛАСТЬ	867744	КБЖБ	«БМЗ»	1968	31,2	17,2	монолітні, монолітні, які обкладені цеглою	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
171200	ДНІПРОПЕТРО ВСЬКА ОБЛАСТЬ	171200	КБЖБ	інше (зазначити)	1966	29,32	16,2	інші (зазначити)	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
251000	СУМСЬКА ОБЛАСТЬ	251000	КБЖБ	«БМЗ»	1986	36,3	19,5	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
1134384	М.КИЇВ	1134384	КБЖБ	«БМЗ»	1964	27,3	13,5	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
301882	ЧЕРКАСЬКА ОБЛАСТЬ	301882	житловий будинок	БСТ	1943	53	35,7	дерев'яні (щитові, каркасно-обшивні)	дерев'яні	електрозабезпечення	задовільний
429000	МИКОЛАЇВСЬ КА ОБЛАСТЬ	432400	житловий будинок	БСТ	1918	57,5	41,5	блоки керамзитобетонні, перлітобетонні, вапнякові	дерев'яні	електрозабезпечення	задовільний

1062071	КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	1062071	КБЖБ	«БМЗ»	1986	35,1	17,6	монолітні, монолітні, які обкладені цеглою	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
625274	ОДЕСЬКА ОБЛАСТЬ	625274	КБЖБ	«БМЗ»	1970	22,4	12,3	інші (зазначити)	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	добрий
585271	ЗАПОРІЗЬКА ОБЛАСТЬ	585271	КБЖБ	«БМЗ»	1990	37,66	21,3	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
681342	ЗАПОРІЗЬКА ОБЛАСТЬ	681342	КБЖБ	«Хрущовка »	1975	53,4	39,2	монолітні, монолітні, які обкладені цеглою	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
807000	ДНІПРОПЕТРО ВСЬКА ОБЛАСТЬ	807000	КБЖБ	«БМЗ»	1957	32,9	16,6	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення	задовільний
1781202	ЛЬВІВСЬКА ОБЛАСТЬ	1781202	КБЖБ	«БМЗ»	1989	38,6	19,9	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація	задовільний
2754200	М.КИЇВ	2754200	КБЖБ	«БМЗ»	1985	95,4	53,8	блоки керамзитобетонні	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,ліфт,телекому нікації	задовільний
825100	ДНІПРОПЕТРО ВСЬКА ОБЛАСТЬ	825100	КБЖБ	інше (зазначити)	1985	62,7	44,6	блоки керамзитобетонні, перлітобетонні, вапнякові	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
1460000	ОДЕСЬКА ОБЛАСТЬ	1460000	КБЖБ	«БМЗ»	1995	45,4	19,1	блоки керамзитобетонні, перлітобетонні, вапнякові	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація	задовільний
508400	ДНІПРОПЕТРО ВСЬКА ОБЛАСТЬ	508400	КМЖБ	«БМЗ»	1990	49,7	31,8	цегла	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
675302	ХМЕЛЬНИЦЬК А ОБЛАСТЬ	675302	КБЖБ	«БМЗ»	1988	36,2	17,5	монолітні, монолітні, які обкладені цеглою	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
1400945	РІВНЕНСЬКА ОБЛАСТЬ	1400945	КБЖБ	«БМЗ»	1970	41,2	24,8	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний

1367200	КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	1367200	КБЖБ	«Новобудова»	2019	23,5	10,5	інші (зазначити)	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення автономне	добрий
9651094	М.КИЇВ	9651094	КБЖБ	«БМЗ»	1935	92,7	42,7	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація	задовільний
605211	ЛЬВІВСЬКА ОБЛАСТЬ	605211	Г/КВ/ЖПуГ	«БМЗ»	1962	19	19	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
896100	КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	896100	КМЖБ	«БМЗ»	2020	32	28,3	цегла	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація	задовільний
6599027	М.КИЇВ	6599027	КБЖБ	«БМЗ»	2017	67	31,3	монолітні, монолітні, які обкладені цеглою	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
114208	ВІННИЦЬКА ОБЛАСТЬ	114208	житловий будинок	БСТ	1970	55,7	37,3	цегла, природний камінь	дерев'яні	електрозабезпечення, водозабезпечення	задовільний
1346105	МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	1346105	КБЖБ	«БМЗ»	1975	48,5	29,1	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	добрий
4106678	М.КИЇВ	4106678	КБЖБ	«БМЗ»	2018	76,9	34	монолітні, монолітні, які обкладені цеглою	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація	задовільний
6509880	М.КИЇВ	6509880	КБЖБ	«БМЗ»	2016	86,2	54,1	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація	задовільний
178000	ДОНЕЦЬКА ОБЛАСТЬ	178000	КБЖБ	«БМЗ»	1972	46,5	28,9	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
1588155	ОДЕСЬКА ОБЛАСТЬ	1588155	КБЖБ	«БМЗ»	2017	45,5	18,8	інші (зазначити)	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,опалення автономне	добрий
1094279	СУМСЬКА ОБЛАСТЬ	1094279	КБЖБ	«БМЗ»	1985	50,6	28,5	монолітні, монолітні, які обкладені цеглою	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
357584	ОДЕСЬКА ОБЛАСТЬ	357584	КМЖБ	інше (зазначити)	1965	11	7,2	природний камінь	дерев'яні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,опалення автономне	задовільний

1783500, 57	М.КИЇВ	1783500, 57	КБЖБ	інше (зазначити)	1993	67	38,7	цегла	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж),ліфт	задовільний
505453	ХМЕЛЬНИЦЬКА ОБЛАСТЬ	505453	КМЖБ	«БМЗ»	1945	29,6	19,9	дерев'яні (щитові, каркасно-обшивні)	дерев'яні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,опалення автономне	задовільний
197500	ПОЛТАВСЬКА ОБЛАСТЬ	197500	КБЖБ	«БМЗ»	1970	36,7	16,9	блоки керамзитобетонні	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
230067	ЧЕРНІГІВСЬКА ОБЛАСТЬ	230067	житловий будинок	БСТ	1983	138,9	93,4	цегла, природний камінь	дерев'яні	електрозабезпечення,водозабезпеченн я	задовільний
693960,3	М.КИЇВ	693960,3	КБЖБ	«БМЗ»	2021	23,8	15,4	інші (зазначити)	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж),ліфт	добрий
859800	ДНІПРОПЕТРОВСЬКА ОБЛАСТЬ	859800	КБЖБ	«БМЗ»	1980	63,2	37,3	інші (зазначити)	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	задовільний
1815325	М.КИЇВ	1815325	Г/КВ/ЖПуГ	інше (зазначити)	2004	91,2	46,8	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація	задовільний
1550000	ІВАНО- ФРАНКІВСЬКА ОБЛАСТЬ	1550000	КБЖБ	«БМЗ»	2000	63,1	36,8	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення	задовільний
692000	КІРОВОГРАДСЬКА ОБЛАСТЬ	692000	КБЖБ	«БМЗ»	1991	58,4	29,8	блоки керамзитобетонні, перлітобетонні, вапнякові	дерев'яні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
7810476	КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	7975228	Д(С)Б	інше (зазначити)	2008	261,1	89,6	цегла, природний камінь	змішаної конструкції	електрозабезпечення	задовільний
1377602	ХАРКІВСЬКА ОБЛАСТЬ	1377602	КБЖБ	«БМЗ»	1979	64,6	43,2	блоки керамзитобетонні	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	добрий
1040352	ЗАПОРІЗЬКА ОБЛАСТЬ	1040352	КБЖБ	«БМЗ»	1972	67,44	42,3	інші (зазначити)	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж),ліфт	задовільний

2207183	МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	2207183	КБЖБ	«БМЗ»	1985	86,1	57,3	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж),ліфт	добрий
1223998	ХАРКІВСЬКА ОБЛАСТЬ	1223998	КБЖБ	«БМЗ»	2021	42,2	16,7	цегла	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація	задовільний
849588	ЧЕРКАСЬКА ОБЛАСТЬ	1078846	житловий будинок	БСТ	1976	66,5	39,7	цегла, природний камінь	дерев'яні	електрозабезпечення	без оздоблення
1778500	ЛЬВІВСЬКА ОБЛАСТЬ	1778500	КБЖБ	«БМЗ»	1980	51,1	27,7	інші (зазначити)	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж),вентиляція, ліфт,телекомунікації	задовільний
180170	СУМСЬКА ОБЛАСТЬ	180170	Г/КВ/ЖПУГ	«БМЗ»	1969	15,6	15,6	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
1448000	ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА ОБЛАСТЬ	1448000	КБЖБ	«БМЗ»	2000	56,1	20,9	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення	задовільний
2319485	СУМСЬКА ОБЛАСТЬ	2319485	КБЖБ	«БМЗ»	1985	65,75	45,9	монолітні, монолітні, які обкладені цеглою	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
1025641	ЖИТОМИРСЬКА ОБЛАСТЬ	1025641	КБЖБ	інше (зазначити)	1965	28,65	15	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж)	добрий
1964100	М.КИЇВ	1964100	КБЖБ	інше (зазначити)	1982	53,4	30,4	інші (зазначити)	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація,опалення централізоване (від зовнішніх мереж),ліфт,телекомунікації	задовільний
1144120	КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	1144120	КБЖБ	«БМЗ»	1987	47,5	21,2	монолітні, монолітні, які обкладені цеглою	залізобетонні	електрозабезпечення	задовільний
2125814	ЖИТОМИРСЬКА ОБЛАСТЬ	2125814	житловий будинок	БСТ	2015	164	89,2	інші (зазначити)	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,опалення автономне	добрий
725068	ОДЕСЬКА ОБЛАСТЬ	725068	КБЖБ	«БМЗ»	1970	42,1	26,7	монолітні, монолітні, які обкладені цеглою	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація,газифікація	задовільний
978825	ОДЕСЬКА	978825	Д(С)Б	БСТ	1990	89,4	40,5	інші (зазначити)	інше	електрозабезпечення	задовільний

	ОБЛАСТЬ										
787700	ВІННИЦЬКА ОБЛАСТЬ	787700	житловий будинок	БСТ	1992	133,6	84,8	природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація, опалення автономне	задовільний
1030100	РІВНЕНСЬКА ОБЛАСТЬ	1030100	КБЖБ	«БМЗ»	2020	24,7	18,2	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація, газифікація	задовільний
860400	ЖИТОМИРСЬКА ОБЛАСТЬ	860400	житловий будинок	БСТ	1940	116,4	60,1	інші (зазначити)	дерев'яні	електрозабезпечення, опалення автономне	задовільний
2316035	М.КИЇВ	2316035	КБЖБ	«БМЗ»	1975	70,2	44,1	монолітні, монолітні, які обкладені цеглою	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація, газифікація	задовільний
327964	КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	524410,9 1	Д(С)Б	інше (зазначити)	1998	26,1	17,4	дерев'яні (колода, брус)	дерев'яні	електрозабезпечення	задовільний
184700	ЧЕРКАСЬКА ОБЛАСТЬ	184700	житловий будинок	БСТ	1936	48,4	27,3	дерев'яні (колода, брус)	дерев'яні	електрозабезпечення, газифікація, опал ення автономне	задовільний
1278781	ІВАНО- ФРАНКІВСЬКА ОБЛАСТЬ	1278781	КБЖБ	«БМЗ»	2011	44,9	20	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація, газифікація	задовільний
1971855	РІВНЕНСЬКА ОБЛАСТЬ	1971855	КБЖБ	«БМЗ»	1980	71	39,8	монолітні, монолітні, які обкладені цеглою	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація, газифікація	задовільний
188000	ЧЕРКАСЬКА ОБЛАСТЬ	188000	житловий будинок	БСТ	1950	58,8	32,2	інші (зазначити)	дерев'яні	електрозабезпечення, опалення автономне	задовільний
1487732	КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	1487732	КБЖБ	«Новобудов а»	2018	40,5	15,9	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація	задовільний
2211000	КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ	2211000	КБЖБ	«БМЗ»	2014	43,7	18,4	цегла, природний камінь	залізобетонні	електрозабезпечення, водозабезпечення, каналізація	задовільний

Примітки: квартира в багатоповерховій житловій будівлі – КБЖБ; квартира в малоповерховій житловій будівлі – КМЖБ; гуртожиток / комунальна квартира / житлове приміщення у гуртожитку - Г/КВ/ЖПуг; «Будинок масової забудови» - «БМЗ»; будинок одноквартирний масової забудови – БОМЗ; будинок садибного типу – БСТ.

Таблица В.1

Експлуатаційні витрати для базового варіанту

[illegible]

[illegible]

Додаток Г

Формування конструктивів ФАП-у згідно класифікації з вказаною вартістю їх будівництва

Основні елементи будівлі					Орієнтовна тривалість ефективної експлуатації елементів будівлі (років)	Вартість всього з ПДВ, тис. грн
Рівень 1	Рівень 2	Рівень 3	Рівень 4	Характеристика конструктиву		
А Підземна частина	А10 Фундаменти	А1020 Спеціальні фундаменти	А1026 Плити	Плити залізобетонні плоскі армовані з щебеневою та піщаною підготовкою	Визначається під час огляду конструкцій	925,82
					60	
В Каркас	В10 Надземна частина	В1020 Дахи	В1022 Схильні дахи	Несучі дерев'яні елементи покрівлі з вогнезахистом	10	285,33
					50	
		В1030 Перекриття та покриття	В1032 Покриття	Покриття дерев'яне з мінераловатним утеплювачем та підшивкою з ОСБ плит та вогнезахистом	Визначається під час огляду конструкцій	504,22
					50	
	В20 Зовнішні конструкції огороження	В2010 Зовнішні стіни	В2011 Конструкція зовнішніх стін	Зовнішні стіни з газобетонних блоків	Визначається під час огляду конструкцій	500,52
					30	
			В2013 Зовнішні жалюзі, екрани і огороження	Ролети віконні зовнішні з екструдованого профілю з пружинно-інерційним типом управління	5	131,87
					10	
		В2020 Вікна	В2021 Вікна	Металопластикові вікна з пластиковими підвіконнями та металевими фарбованими зливами	10	184,18
					40	
		В2030 Зовнішні двері	В2032 Тверді зовнішні двері	Металопластикові зовнішні двері	10	120,51
					40	
	В30 Покрівля	В3010 Покрівлі	В3014 Гідроізоляція та оздоблення даху	Покрівля шатрова з металочерепиці з гідроізоляцією	Визначається під час огляду конструкцій	298,39
					15	
			В3015 Карнизи і софіти	Карнизи на металевому каркасі з підшивкою металопрофілем	Визначається під час огляду конструкцій	22,81
					10	
					В3016	Жолоби та труби водостічні пластикові

			Водостічні жолоби і труби		15	
		B3020 Покрівельні отвори	B3023 Покрівельні вентилятори	Опорядження вентиляційних каналів металопрофілем та примикання до покрівлі	Визначається під час огляду конструкцій	7,60
С Внутрішня частина	C10 Внутрішні конструкції	C1010 Перегородки	C1011 Основні перегородки	Внутрішні та перегородки стіни з газобетонних блоків	10	
					Визначається під час огляду конструкцій	186,10
					60	
		C1020 Міжкімнатні двері	C1021 Міжкімнатні двері	Металопластикові внутрішні двері	10	222,36
					40	
				Перемички газобетонні	Визначається під час огляду конструкцій	82,87
					60	
	C30 Оздоблення	C3010 Оздоблення стін	C3011 Зовнішнє оздоблення	Утеплення фасаду з відкосами мінеральною ватою товщиною 100 мм з оздобленням за технологією Ceresit. Утеплення цоколю пінополістиролом товщиною 50 мм та оздоблення керамічною плиткою	10	525,39
					25	
			C3012 Внутрішнє оздоблення	Механізоване штукатурення. Оздоблення стін плиткою та фарбування стін та відкосів по безпідданому накриттю	4	795,10
					20	
		C3020 Оздоблення підлоги	C3024 Підлоги	Підлога з плитки керамічної на основі з утепленої пінополістиролом 50 мм армованої бетонної стяжки товщиною 50 мм та самовирівнювальної підлоги 5 мм	Визначається під час огляду конструкцій	396,24
					25	
		C3030 Оздоблення стель	C3032 Підвісні стелі	Армстронг та підвісна стеля з гіпсокартону	Визначається під час огляду конструкцій	162,30
					20	
		D2010 Сантехніка	D2011 Унітази	Унітази	Визначається під час огляду конструкцій	15,90
					10	
			D2013 Умивальники	Умивальники	Визначається під час огляду конструкцій	56,02
					10	

D Технічні служби будинку	D20 Сантехніка	D2020 Внутрішні мережі розподілу води	D2022 Холодне водопостачання	Господарчо-питний водопровід В1	Визначається під час огляду конструкцій	127,20
					25	
			D2022 Гаряче водопостачання	Водопровід гарячої води ТЗ	Визначається під час огляду конструкцій	30,01
					25	
		D2090 Внутрішні мережі розподілу води	D2093 Колектори	Господарчо-побутова каналізація К1	Визначається під час огляду конструкцій	55,01
						25
	D30 Опалення, вентиляція, кондиціонування	D3010 Енергопостачання	D3021 Система гарячої води	Система опалення	Визначається під час огляду конструкцій	199,97
						12
		D3020 Теплогенеруюча система	D3021 Котли	Котел	Визначається під час огляду конструкцій	18,61
						20
			D3022 Трубопроводи і прилади котельні	Об'язка котла, насос, термометр, манометр	Визначається під час огляду конструкцій	36,62
						10
	D50 Електрика	D5010 Джерела електроживлення та розподілу	D5011 Високої напруги	Ввідно-розподільчий та електророзподільчі щити та Кабельні вироби	Визначається під час огляду конструкцій	291,84
						20
		D5020 Освітлювальні прилади та електропроводка	D5021 Пристрої на відгалудженій проводці	Електроустановчі вироби	Визначається під час огляду конструкцій	23,02
						10
			D5022 Освітлювальне обладнання	Світильники	Визначається під час огляду конструкцій	107,36
						10
		D5030 Мережі зв'язку і сигналізації	D5037 Мережі пожежної сигналізації	Система пожежної сигналізації; система оповіщення про пожежу та управління евакууванням людей	Визначається під час огляду конструкцій	64,55
						10
			D5038 Мережі безпеки і спостереження	Система охоронної сигналізації	Визначається під час огляду конструкцій	61,89
						10

			D5039 Локальні мережі	Слабоструменеві мережі	Визначається під час огляду конструкцій	71,12
			10			
		D5090 Інші електричні системи	D5091 Заземлення	Система заземлення	Визначається під час огляду конструкцій	21,73
					20	
			D5094 Інші спеціальні системи і пристрої	Блисковкозахист	Визначається під час огляду конструкцій	38,02
					10	
E Устаткування і меблі	E10 Устаткування	E1020 Обладнання організацій	E1028 Медичне обладнання	Обладнання для укомплектування медичної амбулаторії	Визначається під час огляду конструкцій	392,67
					10	
G Роботи на будівельній ділянці	G20 Облаштування ділянки	G2030 Пішохідні доріжки	G2031 Мощення й покриття	Асфальт, бетон, піщане-гравійне	Визначається під час огляду конструкцій	92,45
					7	

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у періодичних наукових виданнях, що увійшли до переліку наукових фахових видань України:

1. Титок В.В., Сиволап Ю.В. Організаційно-економічне управління вартістю життєвого циклу будівельних об'єктів: проблеми та шляхи розв'язання. *Здобутки економіки: перспективи та інновації*, 2025, (15). <https://doi.org/10.5281/zenodo.14881912>
2. Титок В., Сиволап Ю. Обґрунтування значущості вибору проєктного рішення та його вплив на загальну вартість життєвого циклу будівельного об'єкта. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 2025, 55(1), 273–284. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55\(1\).273-284](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55(1).273-284)
3. Сиволап Ю.В., Титок В.В. Економічні переваги використання BIM-технологій у будівельній сфері. *Інвестиції: практика та досвід*. 2024. №6. С.170-175 DOI: 10.32702/2306-6814.2024.6.170
4. Сиволап Ю.В., Титок В.В. Методи оцінки життєвого циклу будівництва та їх ключові особливості. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2023. № 52(1). С. 101-109. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.52\(1\).101-109](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.52(1).101-109).
5. Титок В.В., Сиволап Ю.В. Дослідження впливу вибору виду фасадних систем за допомогою ABC-аналізу на вартість життєвого циклу об'єкта будівництва. *Будівельне виробництво*. 2023. №76. С. 49-52. DOI: <https://doi.org/10.36750/2524-2555.76.49-52>

*Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:
тези доповідей на конференціях*

6. Сиволап Ю.В. Використання вартості життєвого циклу як критерію оцінювання тендерних пропозицій. *XVI-а загальноукраїнська науково-практична конференція «Визначення вартості об'єктів будівництва, проєктних, будівельно-монтажних та ремонтно-будівельних робіт із застосуванням сучасних*

технологій. *Управління вартістю життєвого циклу об'єктів – 2024*» 28-31 травня 2024р. м. Івано-Франківськ.

7. Сиволап Ю.В., Титок В.В. Методологічні аспекти оптимізації вартості життєвого циклу об'єктів будівництва. *Проблеми генезису економіки інтелектуально-інноваційного капіталу: матеріали доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції* (м. Київ, 7-8 листопада 2023 року) у 2-х ч. / за заг. ред. В. М. Лича. Ч. 1. Київ: КНУБА, 2023. С. 181-182

8. Сиволап Ю.В., Титок В.В. Методологія управління вартістю на передпроектному етапі життєвого циклу об'єкту будівництва. *XVII Міжнародна конференція «Стратегія якості в промисловості і освіті»* 5-8 червня 2023 р., Варна, Болгарія: Матеріали. Електронне видання. – Дніпро, Журфонд, 2023. – С. 373-376

9. Сиволап Ю.В., Титок В.В. Огляд зарубіжного досвіду щодо управління вартістю життєвого циклу об'єктів будівництва. *Актуальні питання науки, освіти та технологій в умовах сучасних викликів: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції* (Кременчук, 9 травня 2023 р.): у 2 ч. Кременчук: ЦФЕНД, 2023. Ч. 2. С. 41-42.

10. Сиволап Ю.В., Титок В.В. Аналіз зарубіжного досвіду щодо оцінювання витрат життєвого циклу об'єкта будівництва. *«Build-Master-Class-2022» Proceedings of International Scientific – Practical Conference of Young Scientists* (30.11-02.12.2022, KNUCA, Kyiv, Ukraine) . Pp. 435-436.

11. Сиволап Ю.В., Титок В.В. Основні підходи до оцінювання витрат життєвого циклу об'єкта будівництва. *Features and trends of socio-economic development in global and local dimensions: International scientific conference* (October 21-22, 2022. Leipzig, Germany). Riga, Latvia: “Baltija Publishing”, 2022. Pp. 78-81. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-244-9-18>

12. Титок В.В., Сиволап Ю.В. Особливості роботи служби замовника на різних етапах життєвого циклу об'єкта будівництва. *Програма та тези доповідей IV міжнародної науково-практичної конференції “Економіко-управлінські та інформаційно-аналітичні новації в будівництві”* (7-8 червня 2022 р., м. Київ). К.: Ліра-К, 2022. С. 55-57.

13. Сиволап Ю.В. Економіко-правові аспекти здійснення технічного нагляду за будівництвом в Україні. *Проблеми генезису економіки інтелектуально-інноваційного капіталу: матеріали доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції* (м. Київ, 4-5 листопада 2021 року) у 2-х ч. / за заг. ред. В. М. Лича. Ч. 2. Київ: КНУБА, 2021. С. 46-50.



МОН
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

просп. Повітряних Сил, 31,
м. Київ, 03037
тел. (044)241-55-80,
e-mail: knuba@knuba.edu.ua,
web: <http://www.knuba.edu.ua>
код ЄДРПОУ 02070909

ДОВІДКА

Видана **Сиволап Юлії Володимирівні** у тому, що результати її дисертації «Організаційно-економічний інструментарій управління вартістю життєвого циклу об'єктів будівництва» впроваджено у навчальний процес і використовуються при викладанні дисциплін «Обґрунтування господарських рішень та оцінка ризиків», «Оптимізаційні методи та моделі» та «Економетрика» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 051 «Економіка» галузі знань 05 «Соціальні та поведінкові науки» у Київському національному університеті будівництва і архітектури.

Включення матеріалів дисертаційної роботи в освітньо-професійну програму підвищило її методичний рівень, сприяло покращенню учбового процесу.

Проректор
з навчально-методичної роботи

Завідувач кафедри
економіки будівництва



Андрій ШПАКОВ

Сергій СТЕЦЕНКО

Товариство з
обмеженою
відповідальністю
"НАЦІОНАЛЬНИЙ
АТЕСТАЦІЙНО-
НАВЧАЛЬНИЙ ЦЕНТР"
(ТОВ "НАНЦ")



Limited Liability Company
"NATIONAL CERTIFICATION
AND TRAINING CENTRE"
(LLC "NCTC")

код ЄДРПОУ 41811893, вул. В'ячеслава Шимановського, 2/1 оф. 639, Київ, 02125, тел. (095) 948 97 62, e-mail: narobud@ukr.net

вих. № 7/2025
від 12.02.2025

ДОВІДКА
про впровадження науково-практичних результатів дисертаційної роботи
Сиволап Юлії Володимирівни
на тему:
«ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ
УПРАВЛІННЯ ВАРТІСТЮ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ОБ'ЄКТІВ
БУДІВНИЦТВА»

Критичний аналіз дисертаційного дослідження Сиволап Юлії Володимирівни дозволив дійти висновку, що його наукові положення є обґрунтованими та можуть бути ефективно використані у практичній діяльності вітчизняних будівельних підприємств.

Результати цієї дисертаційної роботи, зокрема організаційно-економічний інструментарій управління вартістю життєвого циклу об'єктів будівництва, а також методичні підходи до оцінки та прогнозування вартості будівельних проєктів з урахуванням економічних, технологічних та організаційних факторів, знайшли своє відображення в курсах лекцій ТОВ «Національний атестаційно-навчальний центр».

Окрему увагу в дослідженні приділено ролі інженера-консультанта у процесі управління будівництвом, його функціям та відповідальності на різних етапах життєвого циклу об'єкта. Запропоновані методичні підходи до оптимізації діяльності інженера-консультанта використовуються в освітніх програмах для підготовки фахівців будівельної галузі.

Директор ТОВ «НАНЦ»



Людмила ПАРХОМЕНКО



ТОВ «Енерго Інжиніринг»
Україна, 03035, м. Київ, вул. Митрополита
В.Липківського, 45 офіс 602
ЄДРПОУ 36517568 ІПН 365175610076
моб. +380 (67) 758-58-48; +380 (67) 912-81-85

03.02.2025 № 0302-1

Довідка
про впровадження науково-практичних результатів дисертаційної роботи
Сиволап Юлія Володимирівна
На тему:
«ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ
УПРАВЛІННЯ ВАРТІСТЮ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ОБ'ЄКТІВ
БУДІВНИЦТВА»

У дисертаційному дослідженні Сиволап Юлії Володимирівни на тему «Організаційно-економічний інструментарій управління вартістю життєвого циклу об'єктів будівництва» застосовується аналітико-розрахунковий метод для оцінки ефективності управління вартістю будівельних об'єктів на різних етапах їх життєвого циклу. З цією метою здійснюється аналіз ключових факторів, що впливають на витрати будівництва, визначається їхня взаємозалежність та впроваджуються методи оптимізації вартості.

Розробляються методичні рекомендації щодо управління вартістю будівельних проектів, які містять чіткі алгоритми планування, прогнозування та контролю витрат на всіх стадіях життєвого циклу. Також формується організаційна структура управління, що забезпечує ефективну взаємодію всіх учасників будівельного процесу.

Оптимальне управління вартістю життєвого циклу об'єктів будівництва є ключовою умовою для підвищення економічної ефективності будівельної галузі, забезпечення довговічності об'єктів та раціонального використання ресурсів.

Результати цього дисертаційного дослідження впроваджено у діяльність ТОВ «Енерго Інжиніринг», зокрема в частині методичного підходу до оцінки та оптимізації витрат на всіх етапах життєвого циклу об'єктів будівництва.

Директор



Інна ГОНЧАРЕНКО

ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
«ІНБУДПРАЙМ»

Адреса: 03110 м.Київ вул. Солом'янська, буд.3 офіс 6 КОД ЄДРПОУ 44568156
ПІН 445681526581 р/р UA63 3808 0500 0000 0026 0057 52555 в АТ «Райффайзен Банку» МФО
380805

Вих.№ 1-2025 від 20 січня 2025 року

Довідка

про впровадження науково-практичних результатів дисертаційної роботи

У дисертаційному дослідженні Сиволап Юлії Володимирівни на тему «Організаційно-економічний інструментарій управління вартістю життєвого циклу об'єктів будівництва» використано аналітико-розрахунковий метод для оцінки та оптимізації витрат на різних стадіях життєвого циклу будівельних об'єктів. У межах дослідження визначено основні фактори, що впливають на формування вартості, розроблено підходи до їх прогнозування та управління, а також встановлено взаємозв'язки між етапами будівельного процесу.

У роботі сформовано практичні рекомендації щодо ефективного управління вартістю будівництва, що включають алгоритми контролю витрат, планування бюджетів та оптимізації ресурсного забезпечення. Визначено організаційні механізми, які сприяють підвищенню економічної ефективності реалізації будівельних проектів.

Запропоновані наукові результати знайшли практичне застосування у діяльності ТОВ «ІНБУДПРАЙМ», зокрема, у впровадженні методики оцінки ефективності фінансових та матеріальних ресурсів при реалізації будівельних проектів.

З повагою,
Директор
ТОВ «ІНБУДПРАЙМ»



Гуляєв О.М.