

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ Ю. М. ПОТЕБНИ
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

БІЛОВ ЮРІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 69.059:004.942:519.876.5

ДИСЕРТАЦІЯ

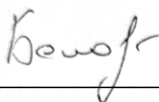
**УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ЗА РАХУНОК ІТ-
ТЕХНОЛОГІЙ**

192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр та назва спеціальності)

19 – Архітектура та будівництво
(галузь знань)

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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


_____ Ю. О. Білов

Науковий керівник – Анін Віктор Іванович, доктор економічних наук, професор

Запоріжжя – 2025

АНОТАЦІЯ

Білов Ю.О. Удосконалення організаційних процесів за рахунок ІТ-технологій. – *Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.*

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 «Будівництво і цивільна інженерія». – Запоріжжя, Інженерний навчально-науковий інститут імені Ю. М. Потебні Запорізького національного університету, 2025.

Дисертаційна робота спрямована на вирішення актуального науково-прикладного завдання, пов'язаного з розробкою інформаційно-методологічного інструментарію для підвищення ефективності організаційних процесів у будівельному виробництві шляхом інтеграції сучасних ІТ-технологій.

Дослідження зосереджене на розробці та формалізації цифрової платформи для алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації організаційних процесів у будівництві. Запропонований підхід спрямований на систематизацію та вдосконалення механізмів координації міжгалузевої взаємодії, що сприяє ефективному використанню матеріально-технічної бази вітчизняного ринку.

Основу запропонованої концепції становить цифровізація управління матеріальними потоками, автоматизація організаційно-технологічних процесів, впровадження інтелектуальних систем моніторингу ресурсів і застосування адаптивних моделей розподілу будівельних потужностей. Логіко-структурна модель роботи визначає стратегічні напрями розвитку організаційно-виробничих систем будівельних компаній через інтеграцію цифрових рішень, які забезпечують гнучкість управлінських процесів, мінімізацію втрат, підвищення якості виконання будівельно-монтажних робіт та раціональне використання ресурсів на всіх етапах життєвого циклу будівельного проєкту.

Результати дисертаційного дослідження підтверджують висунуту гіпотезу щодо можливості оптимізації організаційних процесів будівельного виробництва шляхом впровадження цифрової платформи для алгоритмічно-

критеріального моделювання параметричної оптимізації. Запропонована концепція базується на аналітичних і теоретико-методологічних підходах до систематизації складної багатокомпонентної системи, використовуючи цифрову платформу, що забезпечує узгодженість між часовими показниками проєкту, матеріальними потоками та вартісними параметрами, а також сприяє автоматизації організаційно-технологічних процесів і впровадженню інтелектуальних систем моніторингу ресурсів. Виявлено високий потенціал очікуваних результатів, що проявляється у значному потенціалі цифрової платформи для підвищення ефективності управління будівельними проєктами шляхом оптимізації техніко-економічних показників проєкту. Встановлено, що впровадження цифрових технологій сприяє результативності директивного планування будівництва об'єктів на встановлений строк, з врахуванням моделей комплексного балансування потужностей підприємств виробничої бази з потребами будівництва (будівельних організацій) та обсягами приоб'єктних складів. Запропонований інструментарій алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації організаційних процесів у будівництві є діючим рішенням з комплексного балансування за всіма видами ресурсів, розрахунку термінів будівництва, скорочення виробничої собівартості, та кошторисної вартості об'єкта в цілому.

Проблема, з якою стикається будівельна галузь, полягає в нестабільній політико-економічній ситуації в країні, що впливає на динаміку зростання вартості будівельно-монтажних робіт, ускладнює будівельні проєкти та створює необхідність контролю за термінами їх реалізації. Це вимагає оптимального розподілу матеріально-трудових ресурсів у межах організації будівельного виробництва. Відсутність належного підходу до оптимізації ускладнює аналіз системи організаційних процесів. Потреба в локальній стійкості та організаційних змінах вимагає розробки ефективного інструментарію алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації організаційних процесів у будівництві.

Аналіз сучасних підходів до оптимізації організаційних процесів у будівництві вказує на необхідність впровадження цифрових технологій, що кардинально змінює методи управління проєктами. Це передбачає інтеграцію цифрових платформ для алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації, що дозволяє адаптувати організаційні процеси до нових умов. Запропонований підхід трансформує традиційну ієрархічну структуру організаційних процесів у гнучку та адаптивну систему, що здатна оперативно реагувати на зміни, спричинені нестабільністю національної економіки.

У рамках нової концепції особливу роль відіграє інтеграція цифрових рішень, які забезпечують систематизацію міжгалузевої взаємодії, цифровізацію управління матеріальними потоками та автоматизацію організаційно-технологічних процесів. Впровадження інтелектуальних систем моніторингу ресурсів дозволяє досягти оптимального управління матеріально-технічними витратами, що сприяє зниженню витрат, покращенню якості виконання будівельно-монтажних робіт і забезпеченню дотримання термінів реалізації проєктів.

У даній дисертаційній роботі сформульовано оптимізаційну задачу, яка окреслює основні критерії для удосконалення організаційних процесів будівельного виробництва в рамках обраної стратегії. Це дозволяє забезпечити ефективне балансування всіх ресурсів, а також коректний розрахунок термінів будівництва та введення об'єктів в експлуатацію. Оптимізація визначених організаційних процесів включає в себе урахування стохастичних факторів, що в межах математичного інструментарію сприяє стійкості системи та досягненню поставлених цілей оптимізації. Цей підхід виступає теоретико-методологічною платформою для створення алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації організаційних процесів будівельного виробництва.

Дослідження оптимізації організаційних процесів на підґрунті математичного інструментарію алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації включає наступні процесно-орієнтовані етапи:

- аналіз поточного стану організаційних процесів - вивчення існуючих процесів будівельного виробництва для виявлення слабких місць і можливостей для оптимізації;
- визначення критеріїв оптимізації - формулювання конкретних критеріїв, які визначають ефективність організаційних процесів та параметричні обмеження;
- розробка математичної моделі - створення математичної моделі для опису взаємодії організаційних процесів і ресурсів у рамках будівельного виробництва;
- алгоритмічне моделювання - розробка алгоритмів, які використовуються для пошуку оптимальних рішень в межах визначених критеріїв і параметрів;
- тестування та верифікація моделі - перевірка точності та ефективності розроблених моделей і алгоритмів через застосування до реальних даних;
- аналіз та інтерпретація результатів - оцінка результатів моделювання для визначення ефективності запропонованих оптимізаційних рішень;
- імплементація оптимізаційних рішень - впровадження отриманих оптимальних рішень в реальні організаційні процеси будівельного виробництва.

Суміщення зазначених напрямків створює економічний ефект, сприяючи узгодженню інтересів між замовником, будівельними організаціями та постачальниками, щодо розподілу ресурсів (трудових та матеріально-технічних) для досягнення їх оптимального та рівномірного використання протягом розрахункового періоду.

У контексті цієї роботи для розробки математичного інструментарію алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації було обрано використання інформаційних технологій для аналізу залежностей

показників: часу, розподілу матеріальних потоків, їх запасів з фіксованою поставкою, вартості будівельно-монтажних робіт, транспортних витрат та обсягів БМР.

Концепція математичного інструментарію алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації показала високу ефективність математичних розрахунків у пошуку оптимальних рішень задачі, а також у визначенні форми інтерпретації цільової функції.

Наукова новизна роботи обґрунтована розробкою математичного інструментарію алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації, яка базується :

вперше детермінує наступні науково-методологічні аспекти:

- розроблено та впроваджено в практику математичний інструментарій алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації на основі імітаційних методів, розроблений алгоритм, який дозволяє побудувати ймовірнісні розподіли часу, матеріальних потоків, їх запасів з фіксованою поставкою, вартістю будівельно-монтажних робіт, транспортних витрат та обсягів БМР, які якісно і кількісно визначають вплив на хід реалізації проєкту;

- запропоновано використання інформаційних технологій для алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації організаційних процесів у будівництві. Це дозволяє враховувати багатфакторні залежності між часом виконання робіт, розподілом матеріальних потоків, запасами з фіксованою поставкою, вартістю будівельно-монтажних робіт, транспортними витратами та обсягами БМР;

- доведено, що для побудови ймовірнісного розподілу часу, матеріальних потоків, їх запасів з фіксованою поставкою, вартістю будівельно-монтажних робіт, транспортних витрат та обсягів БМР при заданих умовах необхідно знати щільність розподілу, а також функцію розподілу під час практичного застосування реалізації проєктів;

Удосконалено науково-методичний апарат організації будівництва та прийняття оптимізаційних рішень на основі інформаційного моделювання,

враховуючи адаптацію методів аналізу залежностей між ресурсними та часовими параметрами, що дозволяє здійснювати обґрунтований вибір раціонального варіанта з урахуванням надійності його реалізації.

Дістав подальшого розвитку отримали методи параметричної оптимізації організаційних процесів, зокрема за рахунок інтеграції сучасних інформаційних технологій для автоматизації обробки даних та розрахунку ключових показників, що сприяє підвищенню точності планування, зниженню витрат і покращенню керованості будівельними проектами.

Практична цінність полягає у розробці та впровадженні інтегрованої моделі оптимізації організаційних процесів будівельного виробництва на основі інформаційних технологій та алгоритмічно-критеріального моделювання.

Запропонований підхід забезпечує:

- підвищення ефективності управління будівельними ресурсами через автоматизований аналіз залежностей між часовими, фінансовими та матеріальними параметрами,
- оптимізацію розподілу матеріальних потоків і регулювання капіталовкладень підрядних підприємств на всіх етапах реалізації будівельного проекту,
- адаптацію організаційних процесів до динамічних умов ринку завдяки використанню еволюційних алгоритмів для прийняття оптимізаційних рішень,
- зниження витрат та скорочення термінів будівництва за рахунок інтеграції цифрових технологій у процес планування та управління будівельними проектами.

Результати дослідження визначаються спроможністю удосконалення обґрунтованого в роботі математичний інструментарій алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації на основі імітаційних методів для системного вирішення низки завдань організації будівництва, які забезпечують оптимальне функціонування будівельної організації, їх зацікавленість в економії ресурсів, впровадження нових технологій та зниження

матеріаломісткості будівництва (довідка ТОВ «САЙН ІНДАСТРІЗ» м. Запоріжжя; ПП «МАДЕСТ», м. Запоріжжя). Створений на основі науково-теоретичних результатів програмний продукт, дає можливість будівельної організації з урахуванням розподілу часу, матеріальних потоків, їх запасів з фіксованою поставкою, вартістю будівельно-монтажних робіт, транспортних витрат та обсягів БМР, покращити ефективність використання інформаційних, фінансових, матеріальних і трудових ресурсів. (довідка ТОВ «ЛАТЕВ БУД», м. Запоріжжя).

Особистий внесок здобувача. Основні ідеї та результати досліджень дисертаційної роботи, особливо ті, що характеризують наукову новизну та практичне значення, отримані автором особисто. Особистий внесок автора в публікації з співавторами наведений у списку опублікованих робіт.

Результати з належною повнотою відображені у 11 наукових працях, з яких 5 статей опубліковано у виданнях, що включені до переліку фахових видань ДАК МОН України категорії «Б» та участь у 6 конференціях.

Ключові слова: будівництво, будівельні процеси, організація будівельного виробництва, інформаційні технології, економічна ефективність, математичний інструментарій, модель оптимізації, алгоритм.

SUMMARY

Bilov Y.O. Improvement of Organizational Processes through IT technologies. – *Qualification research paper submitted as a manuscript.*

Dissertation submitted for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 192 «Construction and Civil Engineering». – Zaporizhzhia, Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebnia of Zaporizhzhia National University, 2025.

This dissertation is aimed at solving a relevant scientific and applied task related to the development of an informational and methodological toolkit for increasing the efficiency of organizational processes in construction production through the integration of modern IT technologies.

The research focuses on the development and formalization of a digital platform for algorithmic-criteria modeling of parametric optimization of organizational processes in construction. The proposed approach is aimed at systematizing and improving the mechanisms of intersectoral coordination, which contributes to the effective use of the material and technical base of the domestic market.

The foundation of the proposed concept lies in the digitalization of material flow management, automation of organizational and technological processes, implementation of intelligent resource monitoring systems, and the use of adaptive models for the distribution of construction capacities. The logic-structural model defines the strategic directions for the development of organizational and production systems of construction companies through the integration of digital solutions that ensure the flexibility of management processes, minimization of losses, improvement in the quality of construction and installation works, and rational use of resources at all stages of the construction project life cycle.

The results of the dissertation research confirm the proposed hypothesis regarding the possibility of optimizing the organizational processes of construction

production by implementing a digital platform for algorithmic-criteria modeling of parametric optimization. The proposed concept is based on analytical and theoretical-methodological approaches to the systematization of a complex multi-component system, using a digital platform that ensures consistency between project time indicators, material flows, and cost parameters. It also facilitates the automation of organizational and technological processes and the implementation of intelligent resource monitoring systems.

A high potential of the expected results has been identified, manifesting in the significant capability of the digital platform to enhance the efficiency of construction project management by optimizing the technical and economic indicators of the project. It has been established that the implementation of digital technologies contributes to the effectiveness of directive planning for the timely completion of construction projects, taking into account models for comprehensive balancing of the capacities of production base enterprises with the needs of construction (construction organizations) and the volumes of on-site warehouses.

The proposed toolkit for algorithmic-criteria modeling of parametric optimization of organizational processes in construction is a functional solution for comprehensive balancing across all types of resources, scheduling construction timelines, reducing production cost price, and lowering the estimated total cost of the project.

The problem faced by the construction industry lies in the unstable political and economic situation in the country, which affects the cost dynamics of construction and installation works, complicates construction projects, and necessitates strict control over project implementation deadlines. This calls for the optimal allocation of material and labor resources within the framework of construction organization. The lack of a proper optimization approach complicates the analysis of organizational process systems. The need for local resilience and organizational transformation requires the development of an effective toolkit for algorithmic-criteria modeling of parametric optimization of organizational processes in construction.

The analysis of modern approaches to optimizing organizational processes in construction indicates the necessity of implementing digital technologies, which radically change project management methods. This involves the integration of digital platforms for algorithmic-criteria modeling of parametric optimization, allowing organizational processes to adapt to new conditions. The proposed approach transforms the traditional hierarchical structure of organizational processes into a flexible and adaptive system capable of promptly responding to changes caused by the instability of the national economy.

Within the framework of the new concept, a special role is played by the integration of digital solutions that provide for the systematization of intersectoral interaction, digitalization of material flow management, and automation of organizational and technological processes. The implementation of intelligent resource monitoring systems allows for the achievement of optimal management of material and technical expenditures, which contributes to cost reduction, improvement of construction and installation work quality, and adherence to project deadlines.

This dissertation formulates an optimization problem that outlines the main criteria for improving organizational processes in construction production within the chosen strategy. This allows for effective balancing of all resources, as well as accurate calculation of construction timelines and commissioning of facilities. The optimization of defined organizational processes includes the consideration of stochastic factors, which within the framework of mathematical tools contributes to the system's stability and the achievement of defined optimization goals. This approach serves as a theoretical and methodological platform for the creation of algorithmic-criteria modeling of parametric optimization of organizational processes in construction production.

The research on the optimization of organizational processes, based on mathematical tools of algorithmic-criteria modeling for parametric optimization, includes the following process-oriented stages:

- Analysis of the current state of organizational processes – examination of existing construction production processes to identify weaknesses and opportunities for optimization;
- Definition of optimization criteria – formulation of specific criteria that determine the efficiency of organizational processes and their parametric constraints;
- Development of a mathematical model – creation of a mathematical model to describe the interaction of organizational processes and resources within construction production;
- Algorithmic modeling – development of algorithms used to search for optimal solutions within the defined criteria and parameters;
- Testing and verification of the model – evaluation of the accuracy and effectiveness of the developed models and algorithms by applying them to real data;
- Analysis and interpretation of results – assessment of the modeling outcomes to determine the effectiveness of the proposed optimization solutions;
- Implementation of optimization solutions – integration of the obtained optimal solutions into real organizational processes of construction production.

The combination of these directions creates an economic effect by aligning the interests of the client, construction organizations, and suppliers regarding the distribution of resources (labor and material-technical) to ensure their optimal and uniform use during the planned period.

In the context of this study, the development of a mathematical toolkit for algorithmic-criteria modeling of parametric optimization included the use of information technologies to analyze the dependencies between such indicators as time, material flow distribution, their inventories with fixed supply, the cost of construction and installation works, transport costs, and construction work volumes.

The concept of the mathematical toolkit for algorithmic-criteria modeling of parametric optimization has demonstrated high efficiency in performing mathematical calculations for identifying optimal solutions, as well as in determining the form of interpreting the objective function.

The scientific novelty of the work is substantiated by the development of a mathematical toolkit for algorithmic-criteria modeling of parametric optimization, which for the first time defines the following scientific and methodological aspects:

- A mathematical toolkit for algorithmic-criteria modeling of parametric optimization based on simulation methods has been developed and implemented into practice. The designed algorithm enables the construction of probabilistic distributions for time, material flows, their inventories with fixed supply, the cost of construction and installation works, transportation expenses, and construction work volumes. These distributions qualitatively and quantitatively determine the influence on the course of project implementation;

- The use of information technologies for algorithmic-criteria modeling of parametric optimization of organizational processes in construction has been proposed. This allows for the consideration of multifactorial dependencies between work execution time, the distribution of material flows, inventories with fixed supply, the cost of construction and installation works, transportation costs, and construction volumes;

- It has been proven that to construct probabilistic distributions of time, material flows, their inventories with fixed supply, the cost of construction and installation works, transportation expenses, and construction volumes under given conditions, it is necessary to determine the distribution density and the distribution function during the practical application of project implementation.

The scientific and methodological apparatus of construction organization and optimization decision-making has been improved based on information modeling, taking into account the adaptation of methods for analyzing dependencies between resource and time parameters. This enables a well-founded selection of the most rational alternative, considering the reliability of its implementation.

The methods of parametric optimization of organizational processes have been further developed, particularly through the integration of modern information technologies for automating data processing and calculating key performance

indicators, which contributes to improved planning accuracy, cost reduction, and enhanced manageability of construction projects.

The practical value lies in the development and implementation of an integrated model for optimizing organizational processes in construction production based on information technologies and algorithmic-criteria modeling.

The proposed approach provides:

- Enhanced efficiency of construction resource management through automated analysis of dependencies between time, financial, and material parameters;
- Optimization of material flow distribution and regulation of capital investments by subcontracting enterprises at all stages of project implementation;
- Adaptation of organizational processes to dynamic market conditions through the use of evolutionary algorithms for making optimization decisions;
- Reduction of costs and construction timelines due to the integration of digital technologies into the planning and management of construction projects.

The results of the study are determined by the capability of the developed and substantiated mathematical toolkit for algorithmic-criteria modeling of parametric optimization based on simulation methods to systematically solve a number of tasks related to construction organization. These include ensuring optimal functioning of construction enterprises, promoting resource savings, introducing new technologies, and reducing the material intensity of construction (based on certificates from LLC “SIGN INDUSTRIES”, Zaporizhzhia, and PE “MADEST”, Zaporizhzhia).

The software product developed based on scientific and theoretical findings enables a construction organization to improve the efficiency of using informational, financial, material, and labor resources, taking into account the distribution of time, material flows, their inventories with fixed supply, the cost of construction and installation works, transport costs, and volumes of construction work (according to a certificate from LLC “LATEV BUD”, Zaporizhzhia).

The results are comprehensively presented in 11 scientific publications, including 5 articles published in journals listed in the official registry of the Ministry of Education and Science of Ukraine under category "B".

Keywords: construction production organization, information technologies, economic efficiency, mathematical toolkit, optimization model, algorithm.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

***Статті у наукових фахових виданнях України категорії «Б», які включено
до міжнародних наукометричних баз:***

1. Анін В. І., Пастухова С. В., Білов Ю. О., Метеленко Н.Г. Інноваційні інформаційні технології як вдосконалення організаційних процесів будівництва. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2023. №23(2023). С. 5-16. DOI: <https://doi.org/10.15802/bttrp2023/281073>. *Особистий внесок автора:* продемонстровано науково обґрунтовану доцільність впровадження програмних модулів як інноваційної моделі оптимізації з метою розв’язання організаційних задач будівельного виробництва.

2. Білов Ю.О., Анін В.І., Ажажа О.В. Застосування сучасних ІТ-технологій у будівельній індустрії. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2025. №27(2025). С.20-27. <https://doi.org/10.15802/bttrp2025/331600> *Особистий внесок автора:* комплексно доведено вплив сучасних інформаційних технологій на проектування, управління та реалізацію будівельних проєктів, визначити ключові аспекти та бар'єри впровадження цифрових інструментів у будівельну галузь, обґрунтовано економічні та організаційні переваги використання інноваційних рішень, таких як інформаційне моделювання будівель (BIM), системи управління проєктами (PMS) та штучний інтелект, а також розроблено рекомендації щодо вдосконалення процесів цифровізації організації будівництва з метою підвищення продуктивності, зниження витрат і забезпечення сталого розвитку галузі.

3. Білов Ю.О., Анін В.І. Аналітико-теоретичні аспекти впливу ІТ-технологій у контексті оптимізації організації будівельних процесів. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*. 2025. Том 1 № 55 (2025). С.40-47. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55\(1\).40-47](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55(1).40-47). URL:

<http://ways.knuba.edu.ua/article/view/326932> Особистий внесок автора: відображено дослідження, яке зосереджене на розробці та формалізації цифрової платформи для алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації організаційних процесів у будівництві. Запропонований підхід спрямований на систематизацію та вдосконалення механізмів координації міжгалузевої взаємодії, що сприяє ефективному використанню матеріально-технічної бази вітчизняного ринку.

4. Білов Ю.О. Аналітико-теоретичні засади оптимізації організаційних будівельних процесів. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. 2025. № 23. С. 39-47. (ISSN 2410-6208). <https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/construction/issue/view/157/165> DOI: [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-13\(23\)-04](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-13(23)-04)

5. Білов Ю.О. Математичний інструментарій оптимізації організаційних процесів у будівництві. *Просторовий розвиток*. 2025, №13. С. 270-277. DOI: 10.32347/2786-7269.2025.13.270-277 <https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/29/2025/SD2513.pdf>

Праці апробаційного характеру:

1. Пастухова С. В., Анін В. І., Білов Ю. О. Використання BIM технологій у різних сферах будівництва. *Матеріали науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених*. 2023. С. 209-211. Особистий внесок автора: запропоновано аналітико-теоретичні засади з актуалізації та концептуалізації впровадження оптимізаційних моделей та створення принципово нових підходів до модернізації організаційних процесів будівельного виробництва.

2. Білов Ю.О., Анін В.І. Надійність організаційно-технологічних керуючих систем будівництва. *Science and Information Technologies in the Modern World: Collection of Scientific Papers "International Scientific Unity" with*

Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference. February 26-28, 2025. Athens, Greece. 39-41 p .

3. Білов Ю.О., Анін В.І. Удосконалення інформаційних технологій у будівництві. 2nd International Scientific and Practical Conference «Research in Science, Technology and Economics». March 5-7, 2025 Luxembourg, Luxembourg. 31-34p.

4. Білов Ю.О. Аспекти оптимізації організаційних процесів у будівельній галузі. 1st International Scientific and Practical Conference «Science and Technology: New Horizons of Development». International Scientific Unity. Prague, Czech Republic. May 14-16, 2025. С. 64-68.

5. Білов Ю.О. Сучасні ІТ-технології в будівельній галузі. 3 Міжнародна науково-практична конференція «Research in Science, Technology and Economics» 28-30 травня 2025 р., Люксембург, Люксембург. Section: Architecture and construction. С. 51-56.

6. Білов Ю.О. Автоматизовані інформаційні системи в будівництві. 2 Міжнародна науково-практична конференція «Science and Information Technologies in the Modern World» 21-23 травня 2025 р., Афіни, Греція. Section: Architecture and construction. С. 64-69.

ЗМІСТ

	стр.
Вступ.....	21
Розділ 1 ПАРАДИГМА ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ВПЛИВ ІТ- ТЕХНОЛОГІЙ В ПРОГРАМАХ РОЗВИТКУ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ	33
1.1 Аналіз теоретико-методологічних основ впровадження ІТ- технологій в програми розвитку будівельної галузі	33
1.2 Концептуалізація генезису світової тенденції цифровізації та їх вплив на управління будівельними процесами	40
1.3 Аналіз проблем організації будівництва на стадії проектування та у процесі взаємодії між учасниками, а також можливостей їх усунення.....	48
Висновок до розділу.....	59
Розділ 2 АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ ВПЛИВУ ІТ-ТЕХНОЛОГІЙ НА ОПТИМІЗАЦІЮ ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ	61
2.1 Аналітико-теоретичні засади оптимізації організаційних процесів за рахунок рівня цифрової трансформації	61
2.2 Обґрунтування використання інформаційних систем для оптимізації процесів організації будівельних проєктів.....	69
2.3 Оцінка ефективності впровадження ІТ-рішень в програми розвитку та функціонування будівництва	82
Висновок до розділу.....	91
Розділ 3 РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ АЛГОРИТМІЧНО-КРИТЕРІАЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРИЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ	

	ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯМ ІТ-ПЛАТФОРМИ	94
3.1	Аналітико-математична моделі оптимізації організаційних процесів на засадах ІТ-платформи	94
3.2	Конструювання математичного інструментарію алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації організаційних процесів у будівництві.....	105
3.3	Формування алгоритмічного підходу до оптимізації організаційних процесів у будівництві	110
	Висновок до розділу.....	125
Розділ 4	ВПРОВАДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНОГО МАТЕМАТИЧНОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ АЛГОРИТМІЧНО-КРИТЕРІАЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРИЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ	127
4.1	Ініціювання автоматизованого обчислення оптимізаційної задачі організації будівельного виробництва з використанням генетичного алгоритму.....	127
4.2	Верифікація та аналіз показників ефективності реалізації результатів дослідження	147
	Висновок до розділу.....	152
	ВИСНОВКИ.....	154
	Список використаних джерел.....	158
	ДОДАТКИ.....	170

ВСТУП

Актуальність теми. Будівельне виробництво дійсно являє собою складний комплекс робіт і процесів, що охоплює проєктування, матеріально-технічне забезпечення, будівельно-монтажні роботи та введення в експлуатацію. Це включає координацію різних видів діяльності та ресурсів для досягнення ефективного та якісного результату.

Успішне будівництво значною мірою залежить від ефективної взаємодії між усіма учасниками процесу. Саме злагоджена робота замовників, проєктувальників, будівельників та постачальників дозволяє досягти високої якості та вчасного завершення проєкту. Організація виробництва в цьому контексті відіграє ключову роль. Суть організації будівельного виробництва полягає в плануванні, координації та контролі всіх етапів будівництва, щоб забезпечити їх ефективне виконання. Це включає управління ресурсами, термінами, якістю та бюджетом. Головна мета – досягти гармонійної взаємодії між усіма учасниками процесу для своєчасного та якісного завершення проєкту.

Основні принципи організації будівельного процесу включають планомірність, безперервність, ритмічність і комплексність. Завдання полягають у забезпеченні ефективного використання ресурсів, чіткому дотриманні термінів, контролі якості робіт, а також забезпеченні безпеки на будівельному майданчику. Важливою є також синхронізація робіт між різними виконавцями для досягнення спільної мети.

Тому можливості і практичне застосування сучасних ІТ-технологій у будівельній галузі є актуальним і необхідним. Воно дозволяє не лише оцінити їх вплив на ефективність та якість роботи, але й сприяє формуванню нових підходів до реалізації будівельних проєктів у контексті глобальних технологічних змін.

Застосування інноваційних ІТ-рішень дозволяє суттєво змінити підходи до проектування, будівництва, управління та експлуатації об'єктів, підвищуючи ефективність і якість роботи.

Сьогодні цифрові технології впроваджуються на всіх етапах будівельного циклу. На етапі проектування активно використовуються технології інформаційного моделювання будівель, які забезпечують візуалізацію, точність розрахунків та можливість моделювання життєвого циклу об'єкта [8].

Специфіка організаційних процесів вимагає суттєвого перегляду концепцій та діючих засад оптимізаційних моделей будівельного виробництва.

Питання теоретико-методологічного обґрунтування та формування практичних рекомендацій щодо оптимізації будівельного виробництва розглядалися в наукових роботах вітчизняних учених: В.І. Аніна, І. А. Арутюнян, П. Є. Григоровського, Н. О. Данкевич, Т.С. Кравчуновської, О. В. Мурасової, О. І. Менеїлюк, О. Л. Нікіфорова, І. Д. Павлова, В. О. Поколенка, А. В. Радкевича, О. А. Тугая, С.А. Ушацького та ін. У їхніх наукових дослідженнях закладено теоретичні основи оптимізації будівельного виробництва та визначено методологічний базис впровадження оптимізаційних моделей в організацію будівельних об'єктів.

Робота спрямована на вирішення актуального науково-прикладного завдання, пов'язаного з розробкою інформаційно-методологічного інструментарію для підвищення ефективності організаційних процесів у будівельному виробництві шляхом інтеграції сучасних ІТ-технологій.

Дослідження зосереджене на розробці та формалізації цифрової платформи для алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації організаційних процесів у будівництві. Запропонований підхід спрямований на систематизацію та вдосконалення механізмів координації міжгалузевої взаємодії, що сприяє ефективному використанню матеріально-технічної бази вітчизняного ринку.

Основу запропонованої концепції становить цифровізація управління матеріальними потоками, автоматизація організаційно-технологічних процесів, впровадження інтелектуальних систем моніторингу ресурсів і застосування адаптивних моделей розподілу будівельних потужностей. Логіко-структурна модель роботи визначає стратегічні напрями розвитку організаційно-виробничих систем будівельних компаній через інтеграцію цифрових рішень, які забезпечують гнучкість управлінських процесів, мінімізацію втрат, підвищення якості виконання будівельно-монтажних робіт та раціональне використання ресурсів на всіх етапах життєвого циклу будівельного проєкту.

Результати дисертаційного дослідження підтверджують висунуту гіпотезу щодо можливості оптимізації організаційних процесів будівельного виробництва шляхом впровадження цифрової платформи для алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації. Запропонована концепція базується на аналітичних і теоретико-методологічних підходах до систематизації складної багатокомпонентної системи, використовуючи цифрову платформу, що забезпечує узгодженість між часовими показниками проєкту, матеріальними потоками та вартісними параметрами, а також сприяє автоматизації організаційно-технологічних процесів і впровадженню інтелектуальних систем моніторингу ресурсів. Виявлено значний потенціал очікуваних результатів, що проявляється у високій ефективності цифрової платформи для оптимізації техніко-економічних показників проєкту та покращення управління будівельними проєктами. Встановлено, що впровадження цифрових технологій сприяє результативності директивного планування будівництва об'єктів на встановлений строк, з врахуванням моделей комплексного балансування потужностей підприємств виробничої бази з потребами будівництва (будівельних організацій) та обсягами приоб'єктних складів. Запропонований інструментарій алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації організаційних процесів у будівництві є діючим рішенням з комплексного балансування за

всіма видами ресурсів, розрахунку термінів будівництва, скорочення виробничої собівартості, та кошторисної вартості об'єкта в цілому.

Проблема, з якою стикається будівельна галузь, полягає в нестабільній політико-економічній ситуації в країні, що впливає на динаміку зростання вартості будівельно-монтажних робіт, ускладнює будівельні проекти та створює необхідність контролю за термінами їх реалізації. Це вимагає оптимального розподілу матеріально-трудових ресурсів у межах організації будівельного виробництва. Відсутність належного підходу до оптимізації ускладнює аналіз системи організаційних процесів. Потреба в локальній стійкості та організаційних змінах вимагає розробки ефективного інструментарію алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації організаційних процесів у будівництві.

Аналіз сучасних підходів до оптимізації організаційних процесів у будівництві вказує на необхідність впровадження цифрових технологій, що кардинально змінює методи управління проектами. Це передбачає інтеграцію цифрових платформ для алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації, що дозволяє адаптувати організаційні процеси до нових умов. Запропонований підхід трансформує традиційну ієрархічну структуру організаційних процесів у гнучку та адаптивну систему, що здатна оперативно реагувати на зміни, спричинені нестабільністю національної економіки.

У рамках нової концепції особливу роль відіграє інтеграція цифрових рішень, які забезпечують систематизацію міжгалузевої взаємодії, цифровізацію управління матеріальними потоками та автоматизацію організаційно-технологічних процесів. Впровадження інтелектуальних систем моніторингу ресурсів дозволяє досягти оптимального управління матеріально-технічними витратами, що сприяє зниженню витрат, покращенню якості виконання будівельно-монтажних робіт і забезпеченню дотримання термінів реалізації проектів.

У даній дисертаційній роботі сформульовано оптимізаційну задачу, яка окреслює основні критерії для удосконалення організаційних процесів будівельного виробництва в рамках обраної стратегії. Це дозволяє забезпечити ефективне балансування всіх ресурсів, а також коректний розрахунок термінів будівництва та введення об'єктів в експлуатацію. Оптимізація визначених організаційних процесів включає в себе урахування стохастичних факторів, що в межах математичного інструментарію сприяє стійкості системи та досягненню поставлених цілей оптимізації. Цей підхід виступає теоретико-методологічною платформою для створення алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації організаційних процесів будівельного виробництва.

Дослідження оптимізації організаційних процесів на підґрунті математичного інструментарію алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації включає наступні процесно-орієнтовані етапи:

- аналіз поточного стану організаційних процесів - вивчення існуючих процесів будівельного виробництва для виявлення слабких місць і можливостей для оптимізації;
- визначення критеріїв оптимізації - формулювання конкретних критеріїв, які визначають ефективність організаційних процесів та параметричні обмеження;
- розробка математичної моделі - створення математичної моделі для опису взаємодії організаційних процесів і ресурсів у рамках будівельного виробництва;
- алгоритмічне моделювання - розробка алгоритмів, які використовуються для пошуку оптимальних рішень в межах визначених критеріїв і параметрів;
- тестування та верифікація моделі - перевірка точності та ефективності розроблених моделей і алгоритмів через застосування до реальних даних;

- аналіз та інтерпретація результатів - оцінка результатів моделювання для визначення ефективності запропонованих оптимізаційних рішень;
- імплементація оптимізаційних рішень - впровадження отриманих оптимальних рішень в реальні організаційні процеси будівельного виробництва.

Суміщення зазначених напрямків створює економічний ефект, сприяючи узгодженню інтересів між замовником, будівельними організаціями та постачальниками, щодо розподілу ресурсів (трудових та матеріально-технічних) для досягнення їх оптимального та рівномірного використання протягом розрахункового періоду.

У контексті цієї роботи для розробки математичного інструментарію алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації було обрано використання інформаційних технологій для аналізу залежностей показників: часу, розподілу матеріальних потоків, їх запасів з фіксованою поставкою, вартості будівельно-монтажних робіт, транспортних витрат та обсягів БМР.

Концепція математичного інструментарію алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації показала високу ефективність математичних розрахунків у пошуку оптимальних рішень задачі, а також у визначенні форми інтерпретації цільової функції.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота відповідає напрямку організації та стратегічного розвитку будівельного виробництва в частині постанови Кабінету Міністрів України від 25 квітня 2023 р. № 382 “ Про реалізацію експериментального проекту щодо відновлення населених пунктів, які постраждали внаслідок збройної агресії Російської Федерації”, постанови Кабінету Міністрів України від 28 липня 2023 р. № 790 “Деякі питання відновлення інфраструктури”.

Обраний напрямок дослідження, його мета та завдання відповідають тематиці науково-дослідних на системно-пошукових робіт кафедри

промислового та цивільного будівництва Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю. М. Потебні Запорізького національного університету, при виконанні яких автор виконував функції виконавця, за наступною тематикою: «Систематологія селективної концепції активізації та адаптації організаційно-технологічних рішень будівництва, реконструкції та експлуатації до сучасних умов інтегрованого розвитку» (номер державної реєстрації: 0121U108178) 2021-2025 р.р.

Метою роботи є розробка єдиного методологічного підходу та науково-практичних рекомендацій щодо оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва шляхом створення математичного інструментарію алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації. Це дозволить підвищити ефективність управління будівельними проєктами, забезпечити оптимальне використання ресурсів, зменшити витрати та знизити ризики, що виникають у процесі реалізації будівельних робіт.

Для досягнення поставленої мети в межах дослідження було вирішено наступні завдання:

- виконати аналіз парадигм теоретичних основ організаційних процесів у будівництві в контексті впливу ІТ-технологій на тенденції розвитку та функціонування будівельної галузі, зокрема щодо оптимізації управління, підвищення ефективності ресурсного планування та цифрової трансформації виробничих процесів;
- визначити концепцію генезису світових тенденцій цифровізації та їх вплив на організацію та управління будівельними процесами;
- обґрунтування теоретико-методологічної та аналітичної платформи процесу оптимізації організаційних процесів вітчизняного будівельного виробництва;
- розробка алгоритму програмного модулю аналітико-математичної моделі оптимізації організаційних процесів на засадах ІТ-платформи;

- конструювання математичного інструментарію алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації будівельних процесів. Визначення ключових математичних методів, що дозволяють моделювати взаємозв'язки між ресурсними, часовими та вартісними параметрами проєкту, підвищувати ефективність планування та управління, а також прогнозувати можливі ризики та відхилення у процесі реалізації будівельних робіт;

- експериментальна перевірка та впровадження отриманих результатів у практику.

Об'єктом дослідження є підходи до оптимізації організації будівельних процесів в умовах сучасного стану будівельної галузі.

Предметом дослідження є наукові та теоретико-методологічні механізми організаційного процесу будівельного виробництва з використанням платформи сучасних ІТ-технологій.

Методи дослідження. Дослідження базується на аналізі та узагальненні напрацювань вітчизняних і зарубіжних науково-дослідних інституцій, що зосереджуються на вдосконаленні організаційних процесів у будівельному виробництві.

Теоретичною основою слугують положення системного аналізу, теорії графів і сітьового моделювання, системотехніки будівництва, лінійного програмування та методів прийняття рішень.

У межах дослідження застосовано методи систематизації та узагальнення досвіду управління виробничими процесами, зокрема щодо координації матеріальних і супутніх інформаційних потоків. Використано логічний аналіз, математичне моделювання та системну обробку даних для розробки оптимізаційних рішень.

Додатково в низці методичних складових дослідження використано комплексний підхід при формуванні рекомендацій щодо розробки математичного інструментарію алгоритмічно-критеріального моделювання

параметричної оптимізації процесів організації будівельного виробництва, використовуючи платформу сучасних ІТ-технологій.

Наукова новизна роботи обґрунтована розробкою математичного інструментарію алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації, яка базується :

вперше детермінує наступні науково-методологічні аспекти:

- розроблено та впроваджено в практику математичний інструментарій алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації на основі імітаційних методів, розроблений алгоритм, який дозволяє побудувати ймовірнісні розподіли часу, матеріальних потоків, їх запасів з фіксованою поставкою, вартістю будівельно-монтажних робіт, транспортних витрат та обсягів БМР, які якісно і кількісно визначають вплив на хід реалізації проєкту;

- запропоновано використання інформаційних технологій для алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації організаційних процесів у будівництві. Це дозволяє враховувати багатофакторні залежності між часом виконання робіт, розподілом матеріальних потоків, запасами з фіксованою поставкою, вартістю будівельно-монтажних робіт, транспортними витратами та обсягами БМР

- доведено, що для побудови ймовірнісного розподілу часу, матеріальних потоків, їх запасів з фіксованою поставкою, вартістю будівельно-монтажних робіт, транспортних витрат та обсягів БМР при заданих умовах необхідно знати щільність розподілу, а також функцію розподілу під час практичного застосування реалізації проєктів;

Удосконалено науково-методичний апарат організації будівництва та прийняття оптимізаційних рішень на основі інформаційного моделювання, враховуючи адаптацію методів аналізу залежностей між ресурсними та часовими параметрами, що дозволяє здійснювати обґрунтований вибір раціонального варіанта з урахуванням надійності його реалізації.

Дістав подальшого розвитку отримали методи параметричної оптимізації організаційних процесів, зокрема за рахунок інтеграції сучасних інформаційних технологій для автоматизації обробки даних та розрахунку ключових показників, що сприяє підвищенню точності планування, зниженню витрат і покращенню керованості будівельними проектами.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробці та впровадженні інтегрованої моделі оптимізації організаційних процесів будівельного виробництва на основі інформаційних технологій та алгоритмічно-критеріального моделювання.

Запропонований підхід забезпечує:

- підвищення ефективності управління будівельними ресурсами через автоматизований аналіз залежностей між часовими, фінансовими та матеріальними параметрами,
- оптимізацію розподілу матеріальних потоків і регулювання капіталовкладень підрядних підприємств на всіх етапах реалізації будівельного проєкту,
- адаптацію організаційних процесів до динамічних умов ринку завдяки використанню еволюційних алгоритмів для прийняття оптимізаційних рішень,
- зниження витрат та скорочення термінів будівництва за рахунок інтеграції цифрових технологій у процес планування та управління будівельними проєктами.

Результати дослідження визначаються спроможністю удосконалення обґрунтованого в роботі математичний інструментарій алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації на основі імітаційних методів для системного вирішення низки завдань організації будівництва, які забезпечують оптимальне функціонування будівельної організації, їх зацікавленість в економії ресурсів, впровадження нових технології та зниження матеріаломісткості будівництва (довідка (довідка ТОВ «САЙН ІНДАСТРІЗ»

м.Запоріжжя; ПП «МАДЕСТ», м. Запоріжжя). Створений на основі науково-теоретичних результатів програмний продукт, дає можливість будівельної організації з урахуванням розподілу часу, матеріальних потоків, їх запасів з фіксованою поставкою, вартістю будівельно-монтажних робіт, транспортних витрат та обсягів БМР, покращити ефективність використання інформаційних, фінансових, матеріальних і трудових ресурсів. (довідка ТОВ «ЛАТЕВ БУД», м. Запоріжжя).

Особистий внесок здобувача. Всі положення, що виносяться на захист, отримані автором особисто. Теоретичне обґрунтування, наукові результати, практичні розробки, висновки та рекомендації, репрезентовані у роботі, належать автору та є його теоретичним та практичним внеском у науковий дискурс організації промислового і цивільного будівництва.

Апробація роботи. Основні теоретичні положення та результати наукового дослідження автора з теми дисертації апробовані та отримали позитивну оцінку на: науково-практичній конференції студентів, аспірантів і молодих вчених (Дніпро, 27–28 березня 2023 р.), 1-ої Міжнародної науково-практичній конференції «Наука та інформаційні технології в сучасному світі» (Афіни, Греція, 26-28 лютого 2025 р.), 2nd International Scientific and Practical Conference «Research in Science, Technology and Economics» (Luxembourg March 5-7, 2025 р.), 1st International Scientific and Practical Conference «Science and Technology: New Horizons of Development». International Scientific Unity. (Prague, Czech Republic. May 14-16, 2025), 3 Міжнародна науково-практична конференція «Research in Science, Technology and Economics» (Люксембург, 28-30 травня 2025 р.), 2 Міжнародна науково-практична конференція «Science and Information Technologies in the Modern World» (Афіни, Греція. 21-23 травня 2025 р.).

Публікації. Основні результати дисертації з належною повнотою відображені у 11 наукових працях, з яких 5 статей опубліковано у виданнях, що включені до переліку фахових видань ДАК МОН України категорії «Б» та

внесені до міжнародних наукометричних баз, опубліковано 6 матеріалів та тез доповідей на наукових конференціях.

Структура та обсяг дисертації. Структура дисертаційної роботи підпорядкована змісту, меті та алгоритму вирішення завдань дослідження. Дисертація містить: анотації українською та англійською мовою, список опублікованих праць за темою дисертації, вступ, основну частину в складі чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаної літератури з 101 джерел та додатків. Обсяг основного тексту дисертації складається з 112 сторінок друкованого тексту, що містить 8 таблиць та 30 рисунки.

РОЗДІЛ 1

ПАРАДИГМА ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ВПЛИВ ІТ-ТЕХНОЛОГІЙ В ПРОГРАМАХ РОЗВИТКУ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ

1.1 Аналіз теоретико-методологічних основ впровадження ІТ-технологій в програми розвитку будівельної галузі

Будівництво в Україні перебуває на важливому етапі свого розвитку, коли для ефективного функціонування галузі необхідні комплексні зміни. Будівельна галузь є одним із фундаментальних секторів економіки України, що впливає на розвиток інфраструктури, житлового фонду та інвестиційну привабливість країни. В умовах інтеграції до європейського ринку, впровадження сучасних технологій та післявоєнного відновлення, особливу роль відіграють державні програми розвитку будівельної галузі. Ці програми спрямовані на модернізацію інфраструктури, забезпечення доступного житла, підвищення енергоефективності та цифровізацію будівельних процесів.

Серед основних національних програм, що сприяють розвитку будівельної галузі в Україні, можна відзначити Національну програму розвитку інфраструктури України, а також ряд стратегій сталого розвитку у будівництві. Останні акценти робляться на інноваційних технологіях та їх інтеграції у всі етапи життєвого циклу будівництва [56; 57].

1. Державна стратегія розвитку будівельної галузі - основним документом, що визначає стратегічні напрямки розвитку будівельного сектору, є Стратегія розвитку будівельної галузі України. Вона включає напрями:

- Реформа містобудівного законодавства – удосконалення регуляторних процедур, спрощення дозвільної системи та контроль якості будівництва.

- Розвиток інфраструктури – модернізація транспортної, соціальної та комунальної інфраструктури.
- Доступне житло – державні програми фінансування житлового будівництва для різних соціальних категорій населення.
- Енергоефективність – стимулювання використання екологічно чистих технологій та енергоефективних рішень.
- Цифровізація – впровадження ВІМ-технологій, електронного документообігу та автоматизації процесів [1].

2. Програми розвитку житлового будівництва - одним із ключових напрямів є забезпечення громадян доступним житлом. У цьому контексті діють такі програми:

2.1. Державна програма «Доступне житло» ця програма передбачає:

- часткове фінансування придбання житла для соціально незахищених категорій населення;
- пільгове кредитування молодих сімей та переселенців;
- будівництво житла за підтримки державного бюджету.

2.2. Програма іпотечного кредитування «є Оселя» - затверджених Постановою КМУ від 02.08.2022 р. № 856:

- Пільгові іпотечні кредити під низький відсоток для молоді та працівників критичних сфер (медицина, освіта, оборона).
- Залучення інвестицій для збільшення кількості доступних житлових об'єктів.

3. Відновлення інфраструктури - у зв'язку з воєнними діями в Україні особливу увагу приділено програмам відновлення зруйнованої інфраструктури [43]:

3.1. «Велике будівництво» - програма, ініційована урядом, спрямована на:

- будівництво та ремонт доріг;
- модернізацію шкіл, лікарень та адміністративних будівель;
- розвиток комунальної інфраструктури.

3.2. Програма «Фонд відновлення» – мета залучення міжнародних донорів та грантових програм для відбудови постраждалих регіонів.

4. Інвестиційна політика та залучення міжнародних партнерів - будівельна галузь потребує значних інвестицій для реалізації масштабних проєктів. Основні механізми залучення фінансування:

- Державні-приватні партнерства (ДПП).
- Співпраця з міжнародними фінансовими організаціями (Світовий банк, Європейський банк реконструкції та розвитку).
- Грантові та донорські програми ЄС для розвитку інфраструктури та енергоефективності.

У зв'язку з швидким розвитком ІТ-технологій, все більше уваги приділяється їх інтеграції у програми розвитку будівельної галузі, що дозволяє знижувати витрати, підвищувати ефективність і створювати умови для впровадження інноваційних технологій. Тому виділимо роль ІТ-технологій в інтеграції та модернізації будівельної інфраструктури.

5. Модернізація та цифровізація галузі - сучасні будівельні технології та цифрові рішення є важливими елементами підвищення ефективності галузі.

5.1 Впровадження BIM-технологій [1; 15; 36]

- Створення єдиної цифрової платформи для управління будівельними проєктами.
- Автоматизація процесів проєктування та будівництва.
- Підвищення якості контролю виконаних робіт.

5.2. Електронні системи управління [18; 22; 36]

- Впровадження Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва (ЄДЕССБ).
- Цифрові дозволи та реєстрація будівельних об'єктів онлайн.

Розвиток будівельної галузі України базується на стратегічних програмах державного рівня, спрямованих на відновлення інфраструктури, впровадження інноваційних технологій та залучення інвестицій. Впровадження сучасних

підходів до цифровізації та управління процесами дозволить значно підвищити ефективність будівництва та створити передумови для стійкого економічного розвитку країни (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 - Використання ІТ-технологій у програмах розвитку будівництва

Основними завданнями національних програм є [36]:

- Підвищення ефективності будівельних процесів: Основним завданням національних програм є підвищення ефективності будівництва через використання нових технологій і матеріалів, автоматизацію процесів, зниження витрат на етапах проектування, будівництва та експлуатації будівель.

- Зниження витрат: Важливим завданням програм є оптимізація витрат на будівництво, що досягається через більш точне планування, використання сучасного програмного забезпечення для управління проектами та запровадження технологій, таких як BIM, що дозволяють мінімізувати людські помилки і значно зменшити кількість переробок [1; 27].

Впровадження інноваційних технологій: у рамках національних ініціатив велика увага приділяється використанню інноваційних технологій, таких як BIM, 3D-друк, дрони, а також розвиток систем для автоматизації моніторингу витрат і часу в процесі будівництва [1; 5; 23].

Інтеграція ІТ-технологій у програми розвитку будівельної галузі України відкриває нові перспективи для підвищення ефективності, зниження витрат і покращення якості будівництва. Впровадження таких технологій, як BIM, автоматизація контролю за витратами, а також використання інтелектуальних систем для моніторингу будівельних проектів, значно змінює підхід до управління будівельними процесами і створює умови для інноваційного розвитку галузі. Програми розвитку будівництва, орієнтовані на впровадження ІТ-технологій, стають основою для створення сучасної, конкурентоспроможної та сталого розвитку інфраструктури України [1; 39; 76].

Проаналізувавши теоретико-методологічні основи впровадження ІТ-технологій у програми розвитку будівельної галузі (табл. 1.1) [39; 47; 56; 71; 76]:

Таблиця 1.1 - Аналіз теоретико-методологічних основ впровадження ІТ-технологій в програми розвитку будівельної галузі

Аспект	Зміст
Теоретичні основи	Включають концепції цифрової трансформації, інноваційного розвитку та смарт-будівництва. Спираються на теорії управління інноваціями та кіберфізичних систем.
Методологічні підходи	Використання системного аналізу, процесного підходу та моделювання для розробки і впровадження ІТ-рішень у будівництві.
Ключові ІТ-технології	BIM (Building Information Modeling), GIS (геоінформаційні системи), автоматизовані системи управління (ERP), штучний інтелект,.
Етапи впровадження	1. Оцінка потреб і готовності галузі. 2. Розробка концепції цифровізації. 3. Пілотне впровадження. 4. Масштабування та інтеграція в державні програми.
Очікувані результати	Підвищення ефективності будівельних процесів, зменшення витрат, покращення управління ресурсами, прозорість процесів.
Перешкоди впровадження	Висока вартість технологій, нестача кваліфікованих кадрів, слабка нормативна база, опір традиційним методам роботи.
Перспективи розвитку	Державна підтримка цифрових технологій, інтеграція ІТ-рішень у всі етапи будівельного циклу, активна взаємодія з міжнародними партнерами.

Нами було досліджено історичні етапи використання ІТ-технологій у будівництві в Україні (табл. 1.2) [29; 37; 38; 92]:

Таблиця 1.2 - Основні етапи розвитку ІТ-технологій у будівництві в Україні

Рік	Подія	Опис
1990-2000	Поява перших комп'ютерних програм для проектування	В Україні почали використовувати прості комп'ютерні програми для розрахунків та проектування будівель (наприклад, AutoCAD).
2000-2010	Введення CAD-систем у будівельну практику	В Україні активно впроваджували CAD-системи для створення планів та креслень, зокрема в архітектурних та інженерних компаніях.
2010-2015	Початок використання BIM	Впровадження технологій BIM у великі будівельні проекти, зокрема в проектування та будівництво інфраструктурних об'єктів.
2015-2020	Розвиток мобільних додатків і планшетних технологій на майданчиках	В Україні зростає використання мобільних додатків для керування проектами та контролю за виконанням робіт на будівельних майданчиках.
2017-2020	Впровадження IoT для моніторингу стану об'єктів	Інтеграція сенсорних технологій на будівельних майданчиках для моніторингу температури, вологості, стану матеріалів і конструкцій.
2020-2025	Розвиток штучного інтелекту для оптимізації будівельних процесів	Штучний інтелект почав використовуватись для аналізу даних, прогнозування затримок у роботах, оптимізації витрат і управління ресурсами.
2020-2025	Поширення BIM в малих і середніх	В Україні відзначається зростання використання BIM-систем у середніх і малих

	компаніях	компаніях завдяки зниженню вартості ліцензій та розвитку навчальних програм.
2025 і далі	Блокчейн для прозорості проектів і постачань	В Україні з'являється потенціал для застосування технологій блокчейн для забезпечення прозорості постачання матеріалів та укладання контрактів у будівництві.

1.2 Концептуалізація генезису світової тенденції цифровізації та їх вплив на управління будівельними процесами

Концептуалізація генезису світової тенденції цифровізації та їх вплив на управління будівельними процесами є релевантним об'єктом досліджень у сучасній науковій та практичній площині. Цифрова трансформація охоплює всі галузі економіки, зокрема будівельну сферу, забезпечуючи оптимізацію управлінських процесів, підвищення продуктивності та зниження витрат. Генезис цифровізації пов'язаний із загальним розвитком інформаційних технологій, починаючи від перших електронних обчислювальних машин у середині ХХ століття до сучасних рішень. У будівництві цей процес проявляється через впровадження BIM-моделювання, цифрових платформ для управління проектами, автоматизованих систем моніторингу та інших інновацій [1; 27].

Світові тенденції цифровізації будівельної галузі демонструють стрімкий розвиток технологій, що змінюють традиційні методи управління та реалізації будівельних проектів. Наприклад, використання цифрових двійників дозволяє створювати віртуальні копії об'єктів, що допомагає прогнозувати можливі проблеми та оптимізувати експлуатацію. Штучний інтелект застосовується для

аналізу великих масивів даних, що сприяє покращенню прийняття управлінських рішень. Інтернет речей інтегрується у будівельні майданчики для моніторингу стану конструкцій, управління ресурсами та підвищення рівня безпеки. Автоматизація процесів за допомогою роботизованих систем та дронів дозволяє прискорити виконання робіт та мінімізувати людський фактор [66; 70; 90; 100; 101; 102].

Значний вплив цифровізації проявляється у зміні підходів до управління будівельними процесами. Впровадження BIM-технологій дозволяє створювати детальні цифрові моделі будівель, що забезпечує точність розрахунків, зменшення помилок та покращення координації між учасниками проєкту. Наприклад, у Великій Британії на державному рівні запроваджено обов'язкове використання BIM для всіх будівельних проєктів, що сприяло підвищенню ефективності та зниженню витрат. В інших країнах, зокрема в Сінгапурі, цифровізація управління будівництвом реалізується через інтеграцію смарт-технологій, які забезпечують автоматизоване планування та контроль за виконанням робіт [1; 14; 39; 40; 49; 79].

Проте, незважаючи на очевидні переваги цифровізації, існують певні виклики, що гальмують її впровадження у будівельній галузі. Одним із ключових бар'єрів є високі початкові витрати на технологічне переоснащення, що може бути особливо відчутним для малих та середніх підприємств. Крім того, недостатня цифрова грамотність фахівців ускладнює адаптацію нових технологій та потребує додаткових освітніх програм. Також питання кібербезпеки стає дедалі актуальнішим, оскільки цифрові системи містять велику кількість конфіденційних даних, які можуть стати об'єктом кібератак [37; 56].

У перспективі цифровізація будівництва продовжить розвиватися завдяки інтеграції новітніх технологій. Одним із перспективних напрямків є використання блокчейн-технологій для підвищення прозорості угод між замовниками, підрядниками та постачальниками. Також прогнозується активне

застосування 5G для покращення зв'язку та обміну даними в реальному часі на будівельних майданчиках. Використання автономної техніки та дронів для виконання моніторингових завдань дозволить зменшити ризики та підвищити безпеку працівників [1; 66; 70; 90; 100; 101; 102].

Таким чином, цифровізація суттєво впливає на будівельну галузь, змінюючи підходи до управління, організації процесів та взаємодії між учасниками ринку. Її подальший розвиток сприятиме підвищенню ефективності будівельного виробництва, зниженню витрат та покращенню якості об'єктів, що в результаті забезпечить сталий розвиток будівельної сфери. Незважаючи на певні виклики, впровадження інноваційних рішень відкриває нові можливості для підвищення конкурентоспроможності та вдосконалення будівельних технологій у глобальному масштабі [1; 27].

Сучасні наукові дослідження значною мірою зосереджені на тенденціях цифровізації будівельних процесів.

На сьогоднішній день технологія Building Information Modeling (BIM) стала основною у багатьох країнах. Вона дозволяє не лише створювати точні 3D моделі будівель, а й інтегрувати всю інформацію, пов'язану з проектом, у єдину цифрову модель. Це дає змогу візуалізувати проект у найдрібніших деталях, аналізувати його до і після реалізації, а також забезпечити інтерактивну взаємодію між усіма учасниками будівельного процесу. BIM дає можливість значно знизити витрати на проектування, уникнути помилок в оцінці витрат і часу на виконання робіт, а також забезпечити постійний моніторинг і коригування планів у разі необхідності [1; 15; 47; 79; 92].

Інтернет речей, або IoT, на будівельних майданчиках означає використання сенсорів і підключених пристроїв для збору і передачі даних. Це може бути моніторинг стану будівельних матеріалів, оцінка навантажень на конструкції, температура, вологість або навіть відслідковування місцезнаходження працівників. Всі ці дані дозволяють отримувати точну і

актуальну інформацію в реальному часі, що суттєво підвищує безпеку і ефективність виконання робіт.

Використання IoT виявляє потенціал для значної економії ресурсів, адже будівельні компанії можуть вчасно виявляти будь-які проблеми і коригувати свої дії, знижуючи витрати на матеріали і час [18; 76; 102].

Управління великими обсягами даних, які генеруються на будівельних майданчиках, дозволяє створювати точні прогнози щодо витрат, часу виконання проекту та навіть можливих ризиків. Штучний інтелект (AI) може бути використаний для аналізу цих даних, автоматичного створення звітів і навіть прогнозування проблем, які можуть виникнути в майбутньому [101].

Штучний інтелект дозволяє також оптимізувати управлінські рішення, автоматизуючи процеси та знижуючи потребу в людському втручанні. Це створює умови для більш точного і швидкого прийняття рішень [70; 100].

Автоматизація будівництва дозволяє скоротити час і витрати на виконання робіт. Різноманітні роботи, наприклад, роботи з укладання матеріалів або складання конструкцій, здійснюються за допомогою роботів, що значно підвищує точність і швидкість виконання завдань [97].

3D-друк також стає важливим інструментом у будівництві, оскільки він дозволяє створювати будівельні елементи прямо на будівельному майданчику. Це знижує витрати на транспортування матеріалів і дозволяє створювати складні геометричні форми з високою точністю [45].

Цифрові технології, такі як BIM, IoT і AI, забезпечують новий рівень ефективності управління проектами. Керівники проектів можуть отримувати точну інформацію в реальному часі про стан робіт, витрати, а також оперативно коригувати плани в разі необхідності. Це дозволяє зменшити ймовірність затримок і витрат, що, в свою чергу, знижує загальні витрати на будівництво.

Цифровізація дозволяє скоротити кількість помилок, які можуть виникнути через людський фактор. Технології, такі як BIM, дозволяють з точністю передбачити всі етапи будівництва, включаючи необхідні матеріали

та ресурси, що дозволяє уникнути надмірних витрат або затримок через непередбачувані ситуації [1; 10; 55; 82].

Цифрові технології також сприяють підвищенню безпеки на будівельних майданчиках. Використання IoT для моніторингу умов праці дозволяє знижувати ризик нещасних випадків і забезпечує краще управління персоналом. Крім того, ці технології дозволяють будувати більш енергоефективні та екологічні об'єкти, що відповідають вимогам сталого розвитку [18; 76; 82; 102].

Цифровізація в будівництві — це не просто тренд, а необхідність для забезпечення конкурентоспроможності та ефективності. Від початку 1960-х років до сьогодення, розвиток цифрових технологій трансформував галузь, перетворивши будівництво на високотехнологічну і точно організовану сферу діяльності. Впровадження BIM, IoT, AI, автоматизації та роботизації дозволяє досягти нових висот у швидкості, безпеці та економії ресурсів, що позитивно впливає на кінцевий результат — якість та ефективність будівельного процесу [1; 10; 55; 83].

Концептуалізація генезису світових тенденцій цифровізації та їх впливу на управління будівельними процесами у вигляді таблиці табл. 1.3 [29; 37; 38]:

Таблиця 1.3 - Концептуалізація генезису світових тенденцій цифровізації та їх впливу на управління будівельними процесами

Етап	Технології	Опис етапу та тенденції	Вплив на управління будівельними процесами
1. Початок цифровізації (1960-1980-ті роки)	Перші комп'ютерні системи для проектування	Виникнення комп'ютеризованих систем для креслення та обчислень.	Автоматизація окремих аспектів проектування, зменшення помилок у розрахунках, підвищення швидкості виконання робіт.
2. Підйом технологій (1990-2000-ні роки)	CAD (Computer-Aided Design)	Впровадження систем автоматизованого проектування.	Зниження людських помилок, покращення точності проектування, початок автоматизації управлінських процесів.
3. Ера цифрових	- BIM (Building Information	Масове впровадження інтегрованих моделей	Підвищення ефективності на всіх етапах

революцій (2010-2020-ті роки)	Modeling) - IoT (Internet of Things) - AI (Artificial Intelligence)	проектів та автоматизації за допомогою сенсорів та AI.	будівництва, інтеграція даних для прийняття рішень, реальний моніторинг стану проекту, прогнозування ризиків.
4. Технології на передовій (2020-2025 роки)	- 3D-друк - Роботизація - Великі дані	Використання роботів і 3D-друку для зниження витрат та часу, автоматизація виконання робіт.	Підвищення точності виконання будівельних робіт, зменшення витрат на матеріали, зниження ризиків для робітників, покращення безпеки на майданчиках.
5. Майбутнє цифровізації (2025 і далі)	- Інтелектуальні будівельні майданчики - Інтеграція всіх технологій в єдину екосистему	Повна інтеграція технологій для створення інтелектуальних будівельних екосистем, автоматизація всіх етапів.	Повна автоматизація будівельних процесів, управління об'єктами в реальному часі, максимальна ефективність використання ресурсів та часу.

Ця таблиця наочно відображає розвиток цифрових технологій у будівництві та їхні впливи на управлінські процеси на різних етапах.

Діаграма, яка показує концептуалізацію генезису світових тенденцій цифровізації та їх вплив на управління будівельними процесами. Вона відображає поступове збільшення впливу цифрових технологій на управління будівельними проектами з часом, зокрема у зв'язку з інтеграцією нових технологій на кожному етапі розвитку цифровізації.

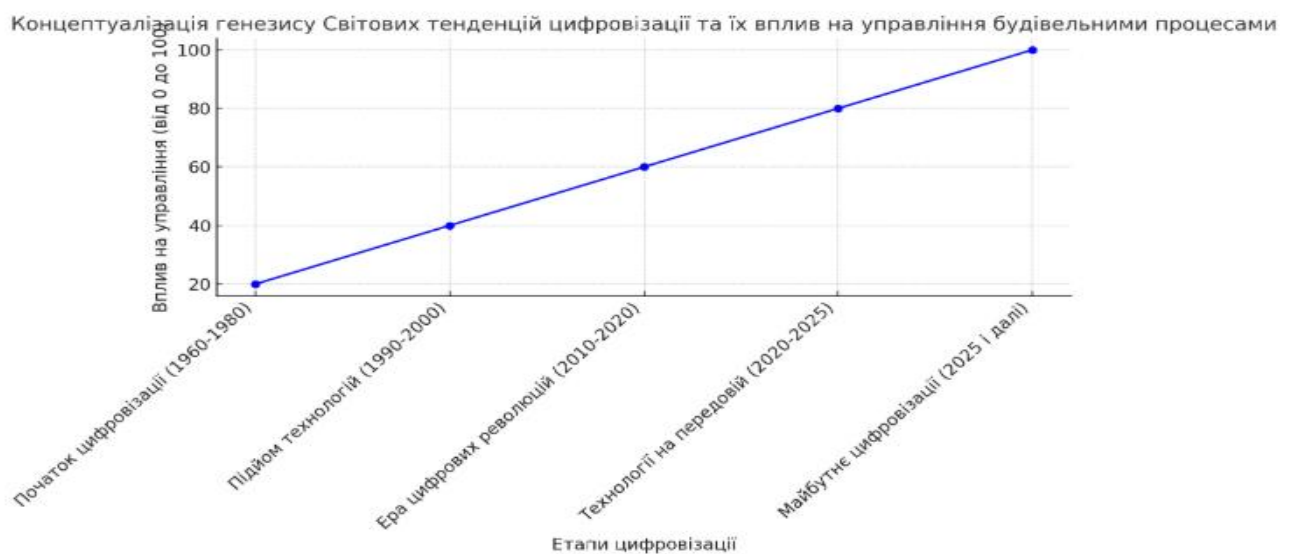


Рисунок 1.2 - Концептуалізація генезису Світових тенденцій цифровізації та їх вплив на управління будівельними проектами

Використання інформаційних технологій (ІТ) у будівництві є важливим напрямом розвитку галузі, що активно досліджується науковцями провідних українських університетів. Фахівці з будівництва та цивільної інженерії підкреслюють значення ІТ у підвищенні ефективності проектування, будівництва та експлуатації об'єктів.

Зокрема, у статті Новохацької Д.В. "Роль використання інформаційних технологій в управлінні будівельними проектами" розглядається застосування інформаційних та комунікаційних технологій у будівництві. Модель інформації та матеріальної діяльності, які в сукупності складають процес будівництва, представлена з використанням методології моделювання діяльності в IDEF0. Розробки в області ІТ, що застосовуються у будівництві, обговорюються на тлі спрощеної моделі типових задач обробки інформації. Розглянуто основні програмні засоби, що застосовуються в будівельних проектах. Управління розвитком складних систем - <https://urss.knuba.edu.ua/ua/zbirnyk-29/article-1006> [10; 23; 71]

У працях Цінський С.В., Київська К.І., <https://jktod.donnu.edu.ua/article/view/11622> «Інформаційні технології в будівництві» та М. В. Гринчак, А. Л. Шаповалов, К. В. Кузьмичова КНУМЕ Бекетова «Інформаційні технології в будівництві і бази даних» аналізується роль інформаційних технологій у розвитку економіки та суспільства. Поява найпростіших інформаційних технологій відноситься до початку писемності, а винахід радіо, телебачення, комп'ютера та цифрових систем зв'язку дозволили новим, автоматизованим інформаційним технологіям впровадитися в різні сфери, зокрема в будівництво [4].

У статті Соломнікова І.В. «Інноваційні інформаційні технології як засіб підвищення ефективності організаційних процесів у будівництві» аналізуються основні переваги та пропозиції використання інноваційних інформаційних технологій для підвищення ефективності організаційних процесів у будівництві. <https://btttr.diit.edu.ua/article/view/281073> [4; 10]

Матеріали секцій VIII Міжнародної науково-технічної конференції "Новітні комп'ютерні технології" висвітлюють новітні комп'ютерні технології в архітектурі, проектуванні, управлінні будівництвом і експлуатації будівель та споруд, питання легалізації програмного забезпечення, теорії та методики застосування ІТ у будівництві.
https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/26627/1/sev_sbor2010Popel.pdf [18; 71]

У статті Гудима Л. О. «BIM-технології в будівництві: сучасні виклики для України» розглядаються методи, застосування яких є найбільш доцільним для відновлення пошкоджених будівельних об'єктів унаслідок військової агресії. Поліпшення якості контролю робіт на кожному з етапів, скорочення вартості та гарантування безпеки будівництва вимагає застосування інноваційних технологій, зокрема будівельного інформаційного моделювання (BIM).
https://www.business-inform.net/article/?abstract=2024_2_0_97_104&year=2024&
 (Гудима Л. О. BIM-технології в будівництві: сучасні виклики для України. Бізнес Інформ. 2024. №2. С. 97–104. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-2-97-104>) [1; 15; 47; 79; 92].

Досвід науковців Черних О.А., Соколенко В.М. віддзеркалює застосування сучасних інформаційних технологій у навчальному процесі в Східноукраїнському національному університеті ім. В. Даля висвітлює використання комп'ютерного моделювання будівель, інформаційного моделювання будівель (BIM), тривимірних моделей та програмного комплексу LIRA-SAPR у підготовці бакалаврів з будівництва.
<https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/construction> [1; 28; 30; 47].

Науково-методичні доробки кафедри будівництва та архітектури Київського міжнародного університету включають досвід використання інформаційних технологій у архітектурному проектуванні сакральних споруд, інновації в дистанційній формі навчання за освітньою програмою "Архітектура", методи підвищення архітектурно-художньої майстерності в освіті архітектора та інші аспекти застосування ІТ у будівництві та архітектурі.

Таким чином, українські науковці активно досліджують та впроваджують ІТ-технології в будівництво, підкреслюючи їх важливість для підвищення ефективності, якості та безпеки будівельних процесів [5; 6].

1.3 Аналіз проблем організації будівництва на стадії проектування та у процесі взаємодії між учасниками, а також можливостей їх усунення

Реалізація будівельних проектів пов'язана з безліччю складнощів, особливо на стадії проектування та в процесі координації між ключовими учасниками будівництва: замовником, підрядником та постачальниками. Недостатнє опрацювання проектних рішень, конфлікт інтересів, неузгодженість дій між учасниками та проблеми із забезпеченням будівельних робіт необхідними ресурсами негативно позначаються на термінах та якості виконуваних робіт. Аналізуючи основні проблеми, що виникають на цих етапах, розглядаються нормативно-правові акти України, що регулюють будівельну діяльність, та пропонуються шляхи їх вирішення.

На стадії проектування закладаються основні параметри будівництва, що визначають технологічні, економічні та експлуатаційні характеристики майбутнього об'єкта. Однак на практиці цей етап супроводжується низкою проблем. Однією з найпоширеніших є недостатнє опрацювання проектної документації, що призводить до частих змін проекту в процесі будівництва. Відповідно до статті 31 Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності», проектна документація повинна розроблятися з дотриманням містобудівних норм та будівельних стандартів, проте на практиці часто трапляються помилки, що потребують коригування, що збільшує витрати та затримує виконання робіт.» № 3038-VI: *«Проектна документація на будівництво об'єктів повинна розроблятися відповідно до містобудівних умов*

та обмежень забудови земельної ділянки, будівельних норм, державних стандартів та правил.»

Однак на практиці часто зустрічаються помилки, що вимагають коригування, що збільшує витрати та затримує виконання робіт.

Іншою важливою проблемою є недостатня узгодженість між учасниками проектування. У проектуванні об'єктів задіяні різні фахівці – архітектори, інженери, технологи, а також представники замовника та підрядника. Однак відсутність єдиного підходу та ефективних механізмів взаємодії призводить до неузгодженості проектних рішень, що створює додаткові ризики. Введення технологій інформаційного моделювання (BIM) може знизити ймовірність виникнення подібних проблем, однак їхнє впровадження потребує значних фінансових та кадрових ресурсів [1; 9; 10; 94].

Крім того, у будівельній практиці часто трапляється невідповідність проектних рішень сучасним вимогам енергоефективності, екології та безпеки. Згідно із Законом України «Про енергозбереження», проектування об'єктів будівництва має відповідати сучасним стандартам енергозбереження, однак» № 74/94-ВР:

«Проектна документація на будівництво нових та реконструкцію існуючих будівель та споруд має передбачати заходи щодо енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності»

Однак не всі будівельні об'єкти відповідають встановленим нормам, що надалі збільшує експлуатаційні витрати та знижує стійкість будівель до зовнішніх впливів [30].

Після завершення стадії проектування починається безпосередня реалізація будівельного проекту, де важливу роль відіграє взаємодія між замовником, підрядником та постачальниками. Однак цей процес також супроводжується значними складнощами. Однією з найпоширеніших проблем є суперечки між замовником та підрядником, викликані недотриманням договірних зобов'язань, затримками виконання робіт та збільшенням

кошторисної вартості будівництва. Відповідно до Господарського кодексу України, підрядник зобов'язаний виконувати роботи у встановлені терміни та з належною якістю, проте фактично ці вимоги часто порушуються, що призводить до необхідності перегляду контрактів або навіть судових розглядів.

Проблеми з поставками будівельних матеріалів також серйозно впливають на терміни та якість будівництва. Несвоєчасне постачання, зміна цін на ринку будівельних матеріалів, логістичні труднощі та низька якість продукції можуть призвести до затримок та додаткових витрат. Закон України «Про технічне регулювання» встановлює обов'язкові вимоги до якості будівельних матеріалів, проте в умовах ринкової конкуренції та тиску з боку замовників будівельні компанії нерідко вдаються до використання менш якісних, але дешевших матеріалів. *«Підрядник зобов'язаний виконати роботи у встановлені терміни, з належною якістю та відповідно до умов договору.»*

Проблеми з поставками будівельних матеріалів також серйозно впливають на терміни та якість будівництва. Несвоєчасне постачання, зміна цін на ринку будівельних матеріалів, логістичні труднощі та низька якість продукції можуть призвести до затримок та додаткових витрат. Закон України «Про технічне регулювання» № 124-VIII встановлює обов'язкові вимоги до якості будівельних матеріалів, проте в умовах ринкової конкуренції та тиску з боку замовників будівельні компанії нерідко вдаються до використання менш якісних, але дешевших матеріалів.

Ще однією значущою проблемою є недостатня кваліфікація підрядників та їх працівників. В умовах високої конкуренції на будівельному ринку замовники найчастіше віддають перевагу підрядникам, які пропонують найменшу вартість робіт, що призводить до зниження рівня професіоналізму та якості виконання будівельних проектів. Відповідно до Кодексу законів про працю України, стаття 201: *«Працівники будівельних спеціальностей мають проходити періодичне підвищення кваліфікації та атестацію у встановлені законодавством строки.»*

Однак на практиці вимоги до кваліфікації співробітників не завжди дотримуються, що призводить до збільшення кількості дефектів та аварійних ситуацій на будівельних об'єктах. Але потрібно враховувати існуючі методи організації.

Методи організації будівництва визначають порядок виконання робіт, взаємодію учасників проєкту та ефективність реалізації будівельного процесу. Нами детально проаналізовано основні методи організації будівництва та виділено переваги та недоліки [19; 22; 27; 23; 64; 91]:

1. Поточний метод -будівельний об'єкт розбивається на окремі частини (захватки, ділянки), на яких роботи виконуються послідовно. Особливості: використовується для великомасштабних об'єктів; забезпечує рівномірне навантаження робітників та техніки; підходить для житлового та промислового будівництва.

Переваги: Висока ефективність при великій кількості однакових конструктивних елементів.

Недоліки: Вимагає ретельного планування та координації.

2. Паралельний метод -роботи на всіх частинах об'єкта виконуються одночасно. Особливості: використовується на малих та середніх об'єктах; забезпечує швидке завершення будівництва.

Переваги: Скорочення загальних термінів реалізації проєкту.

Недоліки: Високі вимоги до ресурсного забезпечення та координації.

3. Послідовний метод - виконання всіх етапів робіт послідовно – після завершення одного етапу починається наступний. Особливості: використовується для малих об'єктів або при обмежених ресурсах; простий у плануванні.

Переваги: Мінімізація ризиків та простота управління.

Недоліки: Довготривалість будівництва.

4. Комбінований метод - поєднання елементів поточного, паралельного та послідовного методів. Особливості: оптимізує ресурси та терміни будівництва; гнучкість у реалізації різних типів об'єктів.

Переваги: Ефективний баланс між швидкістю та якістю робіт.

Недоліки: Вимагає високого рівня планування та управління.

5. Метод генерального підряду - генеральний підрядник несе відповідальність за весь комплекс будівельних робіт, залучаючи субпідрядників.

Переваги: висока відповідальність та контроль; оптимізація управлінських процесів.

Недоліки: висока залежність від генерального підрядника; додаткові витрати на управління субпідрядниками.

6. Метод будівництва "під ключ" - підрядник виконує всі роботи від проектування до здачі в експлуатацію.

Переваги: замовник отримує готовий об'єкт без необхідності координувати будівельний процес; мінімізація ризиків для замовника.

Недоліки: висока вартість послуг підрядника; можливі обмеженість у контролі якості.

7. Метод EPC (Engineering, Procurement, Construction) - підрядник виконує проектування, закупівлю матеріалів та будівництво.

Переваги: єдиний відповідальний виконавець; мінімізація ризиків для замовника.

Недоліки: висока залежність від підрядника; відносно висока вартість послуг.

При проведенні аналізу сучасних проблем організації будівельних процесів виявлено низку суттєвих проблем, що ускладнюють ефективну організацію будівельних робіт:

- відсутність оперативного контролю за виконанням завдань;
- неефективне управління матеріально-технічними ресурсами;

- недостатня координація між учасниками проекту;
- високі витрати часу на обмін інформацією.

Нами проведено аналіз проблем традиційних організаційних процесів у будівництві та необхідність їх удосконалення за рахунок ІТ-технологій в Україні (табл. 1.4) [17; 37; 39; 42; 96].

Проблеми традиційних організаційних процесів [1; 9]:

1. Низька інтеграція процесів - традиційно різні етапи будівництва (проектування, закупівля матеріалів, будівельні роботи, контроль якості) часто виконуються без належної координації. Це призводить до затримок, перевищення витрат і неефективного використання ресурсів. Відсутність єдиної платформи для взаємодії між учасниками будівельного процесу (замовниками, підрядниками, постачальниками матеріалів тощо) створює бар'єри для ефективного управління проектами.

2. Низька точність планування: Традиційне планування в будівництві часто базується на статичних таблицях, документах і графіках, що не дозволяють швидко адаптуватися до змін. В результаті можуть виникати затримки, що призводить до невідповідності планованих витрат та термінів із фактичними.

3. Обмежене використання новітніх технологій: У багатьох випадках традиційні методи будівництва не інтегрують сучасні ІТ-рішення, такі як BIM (інформаційне моделювання будівель) або автоматизовані системи управління. Це знижує рівень точності даних, що використовуються для планування та контролю виконання робіт.

4. Недостатній контроль якості: Зазвичай контроль якості у традиційних процесах будівництва здійснюється шляхом періодичних перевірок на об'єкті, що може не завжди гарантувати відповідність високим стандартам. Нерідко контроль якісних характеристик матеріалів, робіт і їх відповідність проекту здійснюється з запізненням, що збільшує ймовірність виникнення дефектів.

5. Низька прозорість для замовників: Традиційно замовники не мають змоги оперативно отримувати інформацію про хід виконання робіт, що може призводити до неефективного використання бюджету та ресурсів, а також до зростання конфліктних ситуацій між підрядниками та замовниками.

Необхідність удосконалення організаційних процесів [1; 7; 9; 94]:

1. Інтеграція новітніх ІТ-рішень: Використання таких інструментів, як BIM, геоінформаційні системи (GIS), автоматизовані системи управління проектами, може значно покращити координацію між усіма учасниками будівництва. Це дозволяє в реальному часі відслідковувати хід виконання робіт, знижувати ймовірність помилок, автоматизувати процеси управління та полегшувати прийняття рішень.

2. Оптимізація планування через використання цифрових технологій: Системи планування, що використовують цифрові технології, дозволяють створювати точніші й адаптивніші графіки робіт, враховуючи можливі зміни. Це дає змогу мінімізувати ризики затримок і перевищення витрат.

3. Використання автоматизованих систем для контролю якості: Інструменти для автоматизованого контролю якості, включаючи інспекцію через дрони, сенсори та інші IoT-пристрої, дозволяють здійснювати більш точний контроль за виконанням робіт на кожному етапі, зменшуючи кількість помилок і дефектів.

4. Забезпечення прозорості та доступу до даних: Впровадження сучасних систем управління проектами, що забезпечують вільний доступ до даних для всіх учасників проекту, дозволяє замовникам і підрядникам бути в курсі актуального стану проекту. Це підвищує рівень відповідальності та дозволяє більш ефективно управляти бюджетом і часом.

5. Покращення взаємодії між учасниками проекту: Впровадження цифрових платформ для спільної роботи дозволяє всім учасникам проекту працювати з єдиним інформаційним простором, знижуючи ймовірність

помилки через розбіжності в даних і забезпечуючи більш ефективну комунікацію.

Таблиця 1.4 - Аналіз проблем традиційних організаційних процесів у будівництві та необхідність їх удосконалення за рахунок ІТ-технологій в Україні

Проблеми традиційних організаційних процесів	Опис проблеми	Необхідність удосконалення за рахунок ІТ-технологій
Низька інтеграція процесів	Різні етапи будівництва (проектування, закупівля матеріалів, виконання робіт) не мають належної координації.	Використання інтегрованих ІТ-систем, таких як BIM, для кращої координації процесів.
Низька точність планування	Планування часто базується на статичних таблицях і графіках, що не дозволяє швидко адаптуватися до змін.	Впровадження цифрових систем планування, які адаптуються до змін у реальному часі.
Обмежене використання новітніх технологій	Багато будівельних компаній не використовують сучасні ІТ-рішення, що знижує ефективність процесів.	Впровадження BIM, IoT та інших інноваційних технологій для автоматизації робіт.
Недостатній контроль якості	Контроль якості здійснюється вручну або за допомогою обмежених методів, що знижує точність перевірок.	Використання автоматизованих систем для контролю якості на всіх етапах будівництва.
Низька прозорість для замовників	Замовники не мають доступу до актуальної інформації про хід робіт, що може призвести до неефективного управління.	Створення платформ для спільної роботи, що забезпечує прозорість процесів для всіх учасників.
Залежність від паперових документів	Традиційно більшість даних зберігається в паперовому вигляді, що ускладнює доступ до них і взаємодію.	Перехід на електронні документообіги та використання хмарних технологій для зберігання і обробки даних.
Часова затримка у прийнятті рішень	Через відсутність швидкої і точної інформації процес	Впровадження ІТ-систем для моніторингу проектів у

	прийняття рішень затягується, що збільшує витрати.	реальному часі та оперативного прийняття рішень.
--	--	--

Ця таблиця демонструє, як ІТ-технології можуть вирішити основні проблеми традиційних організаційних процесів у будівництві в Україні, покращуючи ефективність, зменшуючи витрати та покращуючи прозорість процесів. Удосконалення організаційних процесів в будівництві через впровадження новітніх інформаційних технологій є необхідним кроком для підвищення ефективності, зниження витрат, покращення контролю за якістю та скорочення термінів будівництва. Впровадження цифровізації дозволяє будівельним компаніям бути більш адаптивними до змін, знижувати ризики та забезпечувати прозорість на всіх етапах реалізації проекту [6; 65; 78].

Залежно від специфіки будівельного проєкту можна використовувати такі сучасні програмні рішення, як BIM (Building Information Modeling) – для цифрового моделювання та управління життєвим циклом об'єкта; ERP-системи – для автоматизації управління ресурсами, що є діючим інструментом для логістичних підходів; Microsoft Project — це потужний інструмент для управління будівельними проєктами, який може значно покращити планування, контроль і оптимізацію будівельних процесів [1; 33; 79; 94].

Організація забезпечення будівельних об'єктів включає планування, закупівлю, транспортування та зберігання матеріалів і обладнання. Важливо забезпечити своєчасну поставку ресурсів, щоб уникнути затримок у будівництві. Це вимагає ефективної координації між постачальниками, логістичними службами та будівельним майданчиком. Впровадження систем управління ланцюгами постачань (SCM) допомагає оптимізувати ці процеси, зменшити витрати та підвищити прозорість усіх операцій [21; 62; 64; 91].

Застосування ІТ-технологій у будівельній галузі дозволяє значно підвищити ефективність управління проєктами, оптимізувати організацію процесів та мінімізувати ризики. Використання сучасних цифрових

інструментів сприяє автоматизації рутинних операцій, покращенню контролю та забезпеченню високої якості виконання будівельних робіт [2; 6; 7; 11; 13].

На підставі можливостей сучасних ІТ- технологій нами запропоновано алгоритм оптимізації будівельних процесів [7; 9; 84]:

1. Аналіз існуючих проблем і визначення основних показників ефективності (KPI);
2. Вибір відповідної ІТ-платформи відповідно до цілей проєкту;
3. Інтеграція програмних рішень у процес управління будівництвом;
4. Автоматизація обміну даними між усіма учасниками будівництва;
5. Контроль виконання завдань за допомогою цифрових інструментів;
6. Оцінка ефективності впровадження та коригування стратегії за потреби.

Що дає можливі очікувані результати впровадження ІТ-рішень

- Підвищення точності планування будівельних процесів;
- Скорочення термінів виконання робіт;
- Оптимізація витрат на матеріали та трудові ресурси;
- Покращення комунікації та контролю за виконанням завдань;
- Підвищення прозорості та передбачуваності процесів.

Таблиця 1.5 - Порівняльна таблиця традиційних методів організації будівельних процесів та сучасних ІТ-технологій [4; 45; 47; 48; 66; 70; 71; 79; 90; 92; 100; 101; 102]

Критерій	Традиційні методи	Сучасні ІТ-технології
Планування	Використання паперової документації, ручне складання графіків	ВІМ-моделювання, програмне забезпечення для управління проєктами (Primavera, MS Project, Navisworks)
Контроль за виконанням	Очні перевірки, звіти на папері	Дрони, сенсори IoT, цифрові звіти в реальному часі, цифрові двійники
Кошторис та управління бюджетом	Розрахунки, ексель-таблиці	Автоматизовані кошторисні програми (ABK, CANDY, RIB iTWO), прогнозування витрат за допомогою ШІ

Логістика та постачання	Телефонні замовлення, традиційні договори	Автоматизовані системи постачання, блокчейн для прозорості угод, RFID-трекінг матеріалів, Системи управління транспортом TMS, Цифрові платформи для управління ланцюгами постачання (SCM Systems)
Якість виконання робіт	Візуальний контроль, лабораторні випробування	Цифрові технології контролю якості, лазерне сканування, доповнена реальність (AR) для перевірки точності монтажу, BIM (Building Information Modeling).
Документообіг	Паперові архіви, підписи вручну	Електронний документообіг, цифровий підпис, блокчейн для захисту даних
Прийняття рішень	Базується на досвіді та інтуїції	Аналітика великих даних, штучний інтелект для прогнозування ризиків, алгоритми оптимізації
Моніторинг стану об'єкта	Періодичні перевірки, фіксація відхилень вручну	Дрони, Системи моніторингу IoT, Системи моніторингу структурної цілісності (Structural Health Monitoring, SHM).
Візуалізація проєкту	Традиційні креслення, макети AutoCAD	3D моделювання, BIM (Building Information Modeling), віртуальна реальність (VR) для перегляду об'єкта перед будівництвом
Автоматизація робіт	Виконання вручну, використання механізмів	Роботизовані системи будівництва, 3D-друк будівельних конструкцій

З огляду на переваги, які надає впровадження інформаційних технологій, все більше будівельних компаній прагнуть автоматизувати не тільки і не стільки облік господарських операцій, скільки самоуправління бізнес-процесами.

У ході проведеного дослідження було підтверджено, що застосування сучасних інформаційних технологій (ІТ) у будівельній індустрії відкриває нові горизонти для значного покращення якості, зниження витрат та підвищення ефективності всіх етапів будівництва – від проектування до експлуатації об'єктів [9].

Висновки по розділу 1

Організація будівництва на стадії проектування та у процесі взаємодії між учасниками стикається з безліччю проблем, пов'язаних з якістю проектних рішень, конфліктами між замовниками та підрядниками, а також складнощами у постачанні будівельних матеріалів. Вирішення цих проблем потребує комплексного підходу, що включає посилення нормативного регулювання, впровадження сучасних цифрових технологій та підвищення кваліфікації фахівців галузі. Тільки системний підхід дозволить підвищити якість будівництва, скоротити терміни виконання робіт та знизити витрати, що зрештою призведе до сталого розвитку будівельної галузі України.

Нами ґрунтовно доведено, що найважливішим чинником успішного будівництва є ефективна координація між усіма учасниками процесу. Поліпшення комунікації між замовником, проектувальниками, підрядниками та постачальниками дозволить уникнути багатьох проблем, що виникають під час будівництва. Використання прозорих контрактів, цифрових платформ та сучасних технологій, дозволить мінімізувати кількість помилок та оптимізувати робочі процеси.

Визначено необхідність враховувати економічні чинники, які впливають на галузь. Коливання цін на будівельні матеріали, зміни у податковому законодавстві та інші макроекономічні чинники можуть суттєво вплинути на успішність реалізації проекту. У зв'язку з цим державна підтримка будівельного сектора, а також створення сприятливих умов для інвесторів відіграють важливу роль у розвитку галузі.

Вирішення проблем, що виникають на стадії проектування та у взаєминах між учасниками будівельного процесу, можливе лише за допомогою комплексного підходу. Впровадження інновацій, покращення законодавчої бази, вдосконалення освітніх програм та суворіший контроль за якістю

будівництва дозволять забезпечити сталий розвиток будівельної галузі, підвищити її ефективність та створити умови для успішної реалізації будівельних проектів в Україні.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ ВПЛИВУ ІТ-ТЕХНОЛОГІЙ НА ОПТИМІЗАЦІЮ ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ

2.1 Аналітико-теоретичні засади оптимізації організаційних процесів за рахунок рівня цифрової трансформації

Будівельна галузь у нашій країні традиційно розвивалася двома основними методами: підрядним і господарським. Проте зі зміною економічної моделі та переходом до ринкових відносин виникає новий підхід, який можна охарактеризувати як «ринковий» [44].

При підрядному методі будівництво виконується спеціалізованими будівельними компаніями, відомими як генеральні підрядники. Вони забезпечують процес будівництва власними трудовими ресурсами та матеріально-технічною базою відповідно до укладених договорів. Завершений об'єкт передається замовнику у визначений контрактом термін.

Господарський метод передбачає, що одна й та сама організація поєднує функції замовника та виконавця будівельних робіт. У цьому випадку фінансування здійснюється за рахунок власних ресурсів підприємства, такого як завод або інша виробнича структура.

У сучасних ринкових умовах частка будівельних робіт, що виконуються господарським способом, зростає (раніше цей показник становив лише 5% від загального обсягу). Цей підхід передбачає зведення об'єктів, орієнтованих на подальший продаж [3; 16; 32; 65].

Нині будівельні компанії значною мірою сфокусовані на наданні послуг населенню, зокрема:

- спорудженні житлових будинків на замовлення громадян із фінансуванням через банківські кредити;
- будівництві офісних приміщень із подальшою реалізацією замовникам.

Будівельна галузь має ряд відмінностей від інших сфер виробництва, що впливає на організацію процесу зведення об'єктів. Успішне будівництво можливе лише за умови ретельної та своєчасної організаційно-технічної підготовки. Унікальність кожного проєкту, значна вартість і тривалість робіт, велика кількість залучених сторін, а також різноманітність умов роботи підрядників роблять цей етап ключовим для ефективного виконання будівельних проєктів.

Ретельна та своєчасна підготовка до будівництва дозволяє значно скоротити строки реалізації проєкту, знизити витрати та покращити якість будівельно-монтажних робіт. Практика свідчить, що навіть незначна економія часу та ресурсів на етапі підготовки може спричинити серйозні додаткові витрати під час виконання будівельних робіт.

Відповідно до ДБН А.3.1-5-16 «Організація будівельного виробництва», зведення нових об'єктів, їх реконструкція чи розширення можливі лише за умови комплексної організаційно-технічної підготовки. До початку основних будівельних робіт необхідно здійснити низку заходів, що забезпечать їхнє безперебійне виконання відповідно до договірних зобов'язань та ефективну координацію всіх учасників процесу [21].

У цей підготовчий етап залучені ключові учасники будівництва: замовник (інвестор), проєктні організації, генеральний і субпідрядники, постачальники будівельних матеріалів, сервісні компанії та контролюючі державні органи. Їхня злагоджена взаємодія є запорукою успішної реалізації будівельного проєкту [21].

Підготовка до будівництва згідно з ДБН А.3.1-5-16 відбувається через кілька етапів [21]:

1. Загальна організаційно-технічна підготовка.
2. Підготовка до будівництва об'єкта.
3. Підготовка будівельної організації.
4. Підготовка до виконання будівельно-монтажних робіт.

Процес загальної організаційно-технічної підготовки реалізується замовником, головними та субпідрядними проектувальниками. У разі необхідності до цього етапу залучається генеральна підрядна будівельна організація. На даному етапі виконуються такі завдання [21]:

- Підготовка проектно-кошторисної документації для будівництва;
- Визначення та обладнання будівельного майданчика;
- Отримання дозволів та допусків для проведення будівельно-монтажних робіт;
- Організація переселення людей та організацій з будівель, що підлягають знесенню;
- Забезпечення об'єкта під'їзними шляхами, електро-, тепло- та водопостачанням (включаючи протипожежну систему), зв'язком, засобами для боротьби з пожежами, а також умовами для санітарно-побутового обслуговування робітників;
- Участь у тендерах на отримання замовлення на будівництво, укладання контрактів, вибір партнерів для виконання робіт, підписання договорів з субпідрядниками, пошук постачальників матеріалів, обладнання та конструкцій, укладання угод на постачання та організація поставок на об'єкт.

Проектування здійснюється згідно із завданням, затвердженим замовником, з дотриманням вимог чинного законодавства України та нормативних актів. Генеральний проектувальник відповідає за якість проекту, його техніко-економічні та екологічні показники в цілому [21].

Важливою складовою є організація постачання обладнання, конструкцій, матеріалів та виробів на будівельний майданчик. Ці питання

вирішуються під час укладання контрактів, де чітко визначаються відповідальні за кожну з поставок учасники будівництва. Зазвичай замовник відповідає за постачання устаткування, а будівельні організації — за постачання матеріалів, виробів та конструкцій. Однак в умовах сучасного будівництва можливі й інші варіанти розподілу обов'язків між учасниками. [Ушацкий].

Організація поставок на будівництво відіграє вирішальну роль у забезпеченні ефективності будівельних проєктів. Від своєчасного постачання будівельних матеріалів, обладнання та ресурсів залежить не лише якість виконання робіт, а й загальні строки будівництва, витрати та рівень координації між усіма учасниками процесу. В умовах сучасного розвитку будівельної галузі оптимізація поставок набуває ще більшої актуальності через зростання вимог до швидкості виконання робіт, мінімізації витрат та підвищення конкурентоспроможності компаній [48; 50].

Значення організації постачання на будівельні об'єкти включає планування, управління логістикою, контроль за якістю та своєчасністю поставок, а також взаємодію між постачальниками, замовниками та підрядниками. Основними аспектами ефективної організації постачання є [27; 50; 80; 81]:

- Точне планування ресурсів — розрахунок необхідних матеріалів на кожному етапі будівництва.
- Логістична координація — вибір оптимального транспорту та маршрутів доставки.
- Управління складськими запасами — контроль за запасами для уникнення дефіциту чи надлишку.
- Цифровізація процесів — застосування сучасних інформаційних технологій для контролю та автоматизації процесів постачання.

Основні етапи організації поставок [50; 80; 81]:

1. Аналіз потреб проєкту - для кожного будівельного проєкту необхідно визначити обсяги та специфікацію матеріалів. Важливу роль відіграє складання кошторису та календарного графіка поставок.

2. Вибір постачальників - процес вибору постачальників передбачає оцінку їхньої надійності, цінової політики, якості продукції та здатності забезпечити необхідний обсяг матеріалів.

3. Логістика та транспортування - організація транспортних перевезень включає вибір транспорту, планування маршрутів та моніторинг процесу доставки.

4. Складська логістика - важливим аспектом є організація складування матеріалів, що забезпечує ефективне використання простору та збереження продукції у належних умовах.

5. Контроль та управління якістю - на кожному етапі необхідно здійснювати перевірку відповідності матеріалів стандартам та технічним умовам.

Виклики та шляхи оптимізації поставок для сучасних будівельних проєктів стикаються з рядом проблем у процесі організації постачання, серед яких [33; 48; 50; 80; 81]:

- Затримки в поставках через проблеми з транспортуванням або невиконання зобов'язань постачальниками.
- Перевищення бюджету через неправильне планування закупівель або зростання цін на матеріали.
- Невідповідність якості матеріалів.

Шляхи вирішення цих проблем включають:

1. Оптимізація управління ланцюгами постачання:

- ✓ Впровадження автоматизованих систем управління поставками (SCM).
- ✓ Використання інформаційних технологій для аналізу ефективності ланцюгів постачання.

2. Покращення логістики та транспортування:

- ✓ Вибір надійних транспортних компаній з чіткими строками виконання перевезень.
- ✓ Оптимізація маршрутів доставки за допомогою GPS-технологій та логістичних програм.

3. Цифровізація процесів управління поставками:

- ✓ Використання ERP-систем для контролю за всіма етапами поставок у режимі реального часу.
- ✓ Автоматизація документообігу та планування закупівель.

4. Складська оптимізація:

- ✓ Впровадження сучасних методів управління запасами (JIT, Kanban, Lean Construction).
- ✓ Використання сенсорних технологій для моніторингу стану матеріалів.

5. Розвиток стратегічного партнерства з постачальниками:

- ✓ Укладання довгострокових контрактів із перевіреними постачальниками.
- ✓ Використання конкурентних тендерних процедур для вибору найкращих партнерів.

6. Забезпечення відповідності стандартам якості:

- ✓ Введення регулярних перевірок відповідності матеріалів стандартам.
- ✓ Впровадження системи контролю якості на всіх етапах ланцюга постачання.

Організація поставок у будівництві є домінуючим фактором успішного виконання проєктів. Впровадження сучасних методів логістики, цифровізації процесів та ефективного управління ресурсами сприяє зниженню витрат, скороченню термінів виконання робіт та підвищенню конкурентоспроможності будівельних компаній. Таким чином, системний

підхід до управління постачаннями є невід’ємною складовою розвитку будівельної галузі [7; 8; 33; 63].

Таблиця 2.1 – Основа для аналітико-теоретичних засад оптимізації організаційних процесів за рахунок рівня цифрової трансформації

Аспект	Опис
Цифрова трансформація	Процес інтеграції цифрових технологій в усі аспекти організаційної діяльності для підвищення ефективності.
Оптимізація організаційних процесів	Поліпшення робочих процесів, зменшення витрат, полегшення взаємодії між учасниками за допомогою цифрових технологій.
Основні напрямки цифрової трансформації	Використання автоматизації, цифрових платформ, штучного інтелекту, інтернету речей (IoT) для покращення управлінських і виробничих процесів.
Інструменти цифрової трансформації	Системи ERP, BIM (будівельне інформаційне моделювання), хмарні технології, цифрові двійники, аналітика великих даних.
Рівень цифрової зрілості	Оцінка розвитку організації в контексті впровадження цифрових технологій: від початкових етапів до повної інтеграції.
Виклики впровадження цифрової трансформації	Складнощі в адаптації працівників, висока вартість впровадження технологій, проблеми з інтеграцією існуючих систем.
Переваги цифрової трансформації	Підвищення ефективності процесів, зменшення часу на виконання завдань, покращення прийняття рішень на основі даних.
Моделі оцінки ефективності	Використання KPI (ключових показників ефективності), ROI (повернення на інвестиції),

	оцінка зниження витрат і покращення якості процесів.
Тенденції та інновації	Розвиток нових технологій, таких як блокчейн для забезпечення прозорості, автоматизація всіх етапів будівництва.

1. Оптимізація через покращення ефективності взаємодії учасників (Р) [7]:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n E_i \cdot C_i}{T_{\text{общ}}} \quad (2.1)$$

де:

Р – ефективність організаційного процесу,

E_i – ефективність кожного учасника процесу (замовники, проектувальники, будівельники),

C_i – коефіцієнт цифрової інтеграції кожного учасника,

$T_{\text{заг}}$ – загальний час виконання проєкту.

2. Індекс цифрової трансформації (ІЦТ):

$$\text{ІЦТ} = \frac{T_{\text{ЦТ}}}{T_{\text{ПР}}} \cdot 100 \quad (2.2)$$

де:

$T_{\text{ЦТ}}$ – час, витрачений на цифрові технології в процесах (проектування, будівництво, управління),

$T_{\text{ПР}}$ – загальний час проєкту.

3. Оптимізація витрат на матеріально-технічне забезпечення (ОМТЗ) [7]:

$$\text{ОМТЗ} = \frac{M_{\text{цифр}}}{M_{\text{традиційні}}} \cdot 100 \quad (2.3)$$

де:

$M_{\text{цифр}}$ — витрати на цифрові технології для управління матеріальними ресурсами,

$M_{\text{традиційні}}$ — витрати на традиційні методи організації поставок та управління.

4. Зв'язок між рівнем цифровізації та скороченням термінів будівництва

$$T_{\text{скор}} = T_{\text{поч}} \cdot (1 - \Delta T_{\text{ЦТ}}) \quad (2.4)$$

де:

$T_{\text{скор}}$ — знижений термін будівництва,

$T_{\text{поч}}$ — початковий термін будівництва,

$\Delta T_{\text{ЦТ}}$ — зниження терміну завдяки впровадженню цифрових технологій.

5. Формула для визначення результативності впровадження цифрових інструментів у будівництві:

$$R_{\text{ЦТ}} = \frac{P_{\text{ЦТ}}}{P_{\text{ТТ}}} \cdot 100 \quad (2.5)$$

де:

$R_{\text{ЦТ}}$ — результативність впровадження цифрових технологій,

$P_{\text{ЦТ}}$ — результативність проекту з цифровими інструментами,

$P_{\text{ТТ}}$ — результативність проекту без цифрових інструментів.

Ці формули допомагають систематизувати та кількісно оцінити внесок цифрової трансформації в організаційні процеси будівництва [8].

2.2 Обґрунтування використання інформаційних систем для оптимізації процесів організації будівельних проєктів

Будівельні проєкти часто характеризуються складною організацією, численними учасниками (замовниками, підрядниками, постачальниками,

проектувальниками) та високими вимогами до своєчасності виконання, якості і бюджету. Проблеми у координації робіт, організації постачання матеріалів, а також контролі за виконанням можуть призвести до значних витрат та затримок. Впровадження інформаційних систем дозволяє оптимізувати ці процеси, знижуючи ризики помилок, підвищуючи ефективність управлінських рішень і забезпечуючи більшу прозорість.

Інформаційні системи в будівництві включають програмні рішення для управління проектами, обліку матеріалів, фінансового контролю, моніторингу ходу робіт, а також для обміну даними серед учасників проекту. Основними цілями таких систем є забезпечення ефективного управління даними, підвищення точності планування, автоматизація рутинних процесів та контроль за виконанням робіт [9]. Що ґрунтується на законодавчому рівні.

1. Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності» (від 17.02.2011, № 3038-VI)

Цей закон регулює основні принципи містобудівної діяльності в Україні, включаючи проектування та будівництво, використання сучасних технологій у цих процесах. Закон передбачає використання електронного документообігу та автоматизованих систем для спрощення процесів отримання дозволів, погоджень, а також моніторингу будівельних проектів. Використання сучасних ІТ-рішень у цьому контексті значно зменшує бюрократичні бар'єри, знижує ймовірність помилок та прискорює процеси.

У законі чітко зазначено, що органи державного архітектурно-будівельного контролю можуть використовувати автоматизовані системи для здійснення контролю за будівництвом, що включає використання новітніх інформаційних технологій.

Посилання на закон: Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17#Text>

2. Закон України «Про будівельні норми» (від 05.08.1992, № 2471-XII)

Цей закон визначає основні принципи і вимоги до проектування та будівництва в Україні, зокрема й щодо застосування новітніх ІТ-технологій, таких як BIM. Використання будівельних норм для автоматизації процесу проектування і будівництва дозволяє інтегрувати новітні технології в управління проектами, забезпечуючи більшу точність, зменшення людських помилок та підвищення ефективності роботи [1].

У законі також згадується про необхідність забезпечення відповідності будівельних проєктів державним стандартам та нормам, що дозволяє інтегрувати нові технології без порушення існуючих вимог.

Посилання на закон: Закон України «Про будівельні норми»
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1704-17#Text>

3. Закон України «Про державну підтримку інвестиційних проєктів у пріоритетних сферах економіки» (від 15.09.2005, № 2856-IV)

Закон регулює питання залучення інвестицій в інфраструктурні проєкти, що передбачають впровадження новітніх технологій, зокрема ІТ-рішень в будівництві. Це може включати як автоматизацію управлінських процесів, так і впровадження інтелектуальних систем для моніторингу витрат та ресурсів у реальному часі.

Одним із напрямків розвитку є підтримка інноваційних технологій, що дозволяє залучати приватних інвесторів до будівництва з використанням новітніх рішень.

Посилання на закон: Закон України «Про державну підтримку інвестиційних проєктів у пріоритетних сферах економіки»
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1116-20#Text>

4. Закон України «Про електронні документи та електронний документообіг» (від 22.05.2003, № 851-IV)

Закон сприяє розвитку електронного документообігу в Україні, що є важливим кроком до інтеграції ІТ-технологій у будівництво. Важливим аспектом є регулювання процесів зберігання та обміну документами в

електронному вигляді, що значно зменшує паперову тяганину, підвищує швидкість і ефективність обміну інформацією між учасниками будівельного проекту (підрядниками, замовниками, державними органами).

Цей закон є основою для впровадження цифрових рішень, таких як електронний документообіг, в рамках державних ініціатив і програм розвитку будівництва.

Посилання на закон: Закон України «Про електронні документи та електронний документообіг» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/851-15#Text>

5. Закон України «Про інноваційну діяльність» (від 04.07.2002, № 40-IV)

Цей закон сприяє розвитку інноваційних технологій в різних галузях економіки, зокрема в будівництві. Він регулює використання інноваційних технологій, що включають новітні інформаційні системи, автоматизацію процесів і розробку нових будівельних матеріалів. Окремо закон визначає роль держави у підтримці інновацій, що може включати субсидії, податкові пільги та інші заходи, спрямовані на впровадження нових технологій у будівельну сферу.

Посилання на закон: Закон України «Про інноваційну діяльність» <https://me.gov.ua/Documents/Detail?lang=uk-UA&id=bc1e5f83-45ce-4317-88d1-312102bb1514&title=ZakonodavstvoUSferiInnovatsiinoiDiialnosti>

6. Національна програма «Цифровізація будівництва та інфраструктури»

Ця програма включає в себе безпосередньо впровадження BIM-технологій, автоматизацію проектування, а також вдосконалення процедур управління будівництвом за допомогою сучасних програмних рішень. Вона підтримує інтеграцію цифрових технологій на всіх етапах життєвого циклу будівельних проєктів — від проектування до експлуатації [1].

Програма передбачає фінансування ініціатив у галузі цифровізації інфраструктури та стимулює підприємства до впровадження нових інформаційних технологій, таких як BIM, для підвищення ефективності та зниження витрат [1].

Посилання на програму: Цифровізація будівництва та інфраструктури
<https://www.kmu.gov.ua/>

Застосування ІТ-технологій в будівництві не лише сприяє підвищенню ефективності та зниженню витрат, але й є важливою складовою національних програм розвитку інфраструктури України. Законодавчі акти, такі як Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності», Закон «Про інноваційну діяльність» та інші нормативні документи, підтримують впровадження новітніх технологій в будівництво, зокрема BIM, електронний документообіг, а також інтелектуальні системи управління проектами. Це створює основи для розвитку будівельної галузі з використанням інноваційних підходів, що відповідають сучасним вимогам сталого розвитку і цифровізації [1].

Впровадження інформаційних технологій (ІТ-рішень) у будівельну галузь стало важливим етапом її трансформації в умовах сучасних викликів. ІТ-рішення в контексті програм розвитку будівництва охоплюють широкий спектр технологій і інструментів, що допомагають оптимізувати різні етапи життєвого циклу будівельного проекту — від проектування до експлуатації. Ці технології включають BIM (Building Information Modeling), управління проектами, інтелектуальні системи управління будівництвом, дистанційне моніторинг за допомогою дронів і сенсорів, аналітика даних для прогнозування витрат і термінів [1; 97; 99; 100; 101; 102].

Впровадження ІТ-рішень має безліч переваг для будівельної галузі, таких як підвищення ефективності управлінських процесів, зниження витрат, покращення якості виконаних робіт, зменшення ризиків і підвищення точності прогнозування. Однак для правильного розуміння їх ефективності важливо провести систематичну оцінку їх впливу.

Одним з найбільш значущих ІТ-рішень є BIM, який забезпечує тривимірне моделювання будівельних проектів. Він дозволяє створювати цифрові моделі будівель, що включають всі аспекти проекту — від архітектури та інженерії до енергоспоживання та матеріалів. Завдяки BIM можна отримати

точну інформацію про проект на будь-якому етапі, що дозволяє знизити ймовірність помилок і збільшити швидкість виконання робіт [1; 98; 99].

Системи для управління проектами, такі як MS Project або Primavera, дозволяють автоматизувати планування, управління ресурсами та моніторинг прогресу будівництва. Ці інструменти забезпечують точний контроль за термінами та витратами, що дозволяє знижувати ймовірність перевитрат [9].

Сучасні системи моніторингу, які інтегруються з датчиками та Інтернетом речей (ІоТ), дозволяють в реальному часі стежити за станом будівництва, відстежувати використання матеріалів і контролювати безпеку. З допомогою дронів та сенсорів можна здійснювати дистанційний моніторинг прогресу будівництва [102].

3D-друк будівельних елементів дозволяє значно знизити витрати на матеріали, скоротити час на виготовлення компонентів і зменшити кількість відходів. Ця технологія є новою і перспективною для швидкого та економічного будівництва [45].

Отже, вище розглянуте дає змогу віддзеркалити переваги застосування ІТ.

Переваги використання інформаційних систем [7; 23; 42; 63; 80]:

1. Оптимізація планування та управління ресурсами: Інформаційні системи дозволяють створювати точніші графіки робіт і точніше оцінювати необхідні ресурси для кожного етапу будівництва. Системи управління проектами автоматизують обчислення та дозволяють ефективно розподіляти роботи між учасниками.

2. Забезпечення прозорості і ефективності управлінських рішень: Завдяки централізованому доступу до інформації, учасники проекту мають змогу оперативно отримувати актуальні дані про стан виконання робіт, фінансові витрати, поставки матеріалів та інші важливі показники.

3. Зниження витрат і скорочення строків: Завдяки автоматизації процесів, відпадає потреба у численних паперових звітах і вручну

оброблюваних даних, що дозволяє зменшити помилки і пропуски. У результаті цього будівельний процес стає більш скоординованим, що знижує час виконання робіт.

4. Управління ризиками: Інформаційні системи можуть прогнозувати можливі ризики, зокрема фінансові або технічні, і допомагають запобігти їхньому впливу на хід робіт. Моделі на основі даних дозволяють передбачити проблеми і планувати дії для їхнього вирішення.

Building Information Modeling (BIM) є одним із найбільш потужних інструментів для оптимізації організації будівельних проєктів. Ця технологія дозволяє створювати інтегровані цифрові моделі будівель, що включають всі аспекти їхнього проєктування, будівництва та експлуатації. Використання BIM дозволяє [1; 95; 98; 99]:

- Моделювати і симулювати процеси ще до початку будівництва.
- Підвищити точність проектних рішень і знизити ймовірність помилок.
- Підвищити взаємодію між усіма учасниками проєкту, оскільки всі вони мають доступ до єдиної моделі будівлі.

Вибір правильної інформаційної системи залежить від специфіки проєкту, його масштабу та вимог замовника. Впровадження таких систем передбачає кілька етапів [96]:

1. Оцінка потреб підприємства.
2. Вибір постачальника програмного забезпечення, який пропонує найбільш підходящий набір функцій для конкретного проєкту.
3. Інтеграція ІС з іншими використовуваними системами.
4. Навчання персоналу для забезпечення ефективного використання технологій.

У будівництві широко застосовуються різні види ІС для оптимізації таких процесів [9; 96]:

- Системи управління проектами дозволяють здійснювати моніторинг стану завдань, відслідковувати виконання робіт та контроль за фінансами.
- Системи для управління ланцюгами постачання забезпечують ефективне планування і контроль за доставкою матеріалів та техніки.
- Системи для моніторингу і аналізу якості будівельних робіт дозволяють зменшити дефекти і забезпечити відповідність стандартам.

Використання інформаційних систем для оптимізації процесів організації будівельних проєктів є необхідним кроком для покращення якості, зниження витрат і підвищення ефективності будівництва. Застосування таких технологій, як BIM, систем управління проектами і ланцюгами постачання, значно полегшує виконання робіт, сприяє прозорості та допомагає зменшити ризики. У майбутньому можна очікувати подальший розвиток цих технологій, їх інтеграцію з новими інноваціями, що дозволить значно покращити процеси в будівельній індустрії [1].

Це обґрунтування демонструє, наскільки важливим є використання інформаційних систем у будівництві для досягнення оптимізації процесів, і чому кожен великий проєкт потребує їхнього впровадження для успішного та своєчасного завершення

Для обґрунтування використання інформаційних систем (ІС) для оптимізації процесів організації будівельних проєктів у вигляді формул та розрахунків, необхідно зосередитись на кількох основних аспектах: оптимізація часу, витрат та управління ресурсами, що можуть бути виражені через відповідні математичні моделі та показники [7].

1. Оптимізація витрат за допомогою інформаційних систем

Інформаційні системи можуть допомогти в оптимізації витрат на будівельному проєкті за допомогою точного обліку матеріалів, ресурсів та робочого часу. Одним з основних інструментів для цього є метод критичного шляху (Critical Path Method, CPM).

Формула для визначення часу виконання робіт:

$$T = T_{\text{start}} + T_{\text{duration}} \quad (2.6)$$

де:

- T – час завершення завдання,
- T_{start} – час початку завдання,
- T_{duration} – тривалість завдання.

2. Оптимізація часу за допомогою інформаційних систем [7]

Інформаційні системи дозволяють визначати оптимальний час для виконання кожного етапу робіт. Це дозволяє виявляти можливі затримки на ранніх етапах і коригувати план.

Формула для визначення тривалості виконання проєкту:

$$T_{\text{project}} = \max \left(\sum_{i=1}^n T_{\text{task}_i} \right) \quad (2.7)$$

де:

- T_{project} – загальна тривалість проєкту,
- T_{task_i} – тривалість кожного етапу/задачі,
- n – кількість етапів проєкту.

Розрахунок з урахуванням критичного шляху:

Інформаційні системи дозволяють обчислити критичний шлях, тобто мінімальний час, який необхідний для завершення проєкту з урахуванням усіх залежностей між задачами. Для кожного завдання визначається:

- Ранній час початку (T^{pn}): це мінімальний час, коли завдання може початися, враховуючи попередні роботи.
- Ранній час завершення (T^{pz}): це найшвидший час, коли завдання може бути завершено.

Розрахунок для критичного шляху:

$$T^{\text{pz}}_{i-j} = T^{\text{pn}}_{i-j} + T_{i-j} \quad (2.8)$$

де:

T_{i-j} – тривалість завдання $i-j$.

$T^{rp}_j = \max (T^{rp}_i)$ для всіх завдань i , що передують завданню j

T^{rp}_j – ранній час початку для завдання j .

Для обчислення критичного шляху потрібно порівняти ранні часи завершення кожного етапу з його пізнішим часом завершення, визначаючи тим самим, який етап не може бути відкладений без затримки всього проєкту.

3. Оптимізація ресурсів через ІС

Інформаційні системи також використовуються для оптимізації використання будівельних матеріалів та робочої сили, що дозволяє уникнути надмірних витрат і скоротити час на постачання матеріалів.

Формула для визначення оптимального розподілу ресурсів:

$$C_{total} = \sum_{i=1}^n (C_i \cdot X_i) \quad (2.9)$$

де:

- C_{total} – загальна вартість усіх ресурсів,
- C_i – вартість одиниці ресурсу i ,
- X_i – кількість одиниць ресурсу i ,
- n – кількість типів ресурсів.

ІС дозволяють автоматизувати цей розрахунок на основі реальних даних про потреби в матеріалах на кожному етапі будівництва, що мінімізує витрати та оптимізує закупівлі.

4. Моніторинг ризиків та прогнозування затримок

Одним з важливих аспектів оптимізації будівельних проєктів є прогнозування ризиків і затримок, що можуть виникнути через різні фактори, наприклад, погоду або постачання матеріалів.

Математична модель для оцінки ризику затримки:

Модель для обчислення ймовірності затримки може базуватися на нормальному розподілі, де:

$$P(\text{delay}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (2.10)$$

де:

- $P(\text{delay})$ – ймовірність затримки,
- x – фактичний час виконання роботи,
- μ – середній час виконання роботи,
- σ – стандартне відхилення.

Цю модель можна адаптувати для прогнозування ймовірних затримок по кожному етапу будівництва, що дозволяє вчасно виявляти проблеми і вживати заходів для їхнього усунення.

5. Визначення економії на основі автоматизації за допомогою ІС

Інформаційні системи дозволяють значно зменшити операційні витрати через автоматизацію. Це можна оцінити через розрахунок економії від автоматизації.

Формула економії:

$$S = (T_{\text{manual}} - T_{\text{automated}}) \cdot R_{\text{rate}} \quad (2.11)$$

де:

- S – економія, досягнута через автоматизацію,
- T_{manual} – час, витрачений на виконання завдання вручну,
- $T_{\text{automated}}$ – час, витрачений на виконання завдання за допомогою ІС,
- R_{rate} – ставка оплати праці.

Цей розрахунок показує, скільки можна заощадити на кожному етапі будівельного проєкту за рахунок автоматизації і використання ІС.

Використання інформаційних систем у будівництві дає змогу не лише полегшити управління ресурсами та часом, але й сприяє зниженню витрат і

ризиків. Розрахунки та математичні моделі, що використовуються в ІС, допомагають приймати обґрунтовані рішення, покращувати координацію між учасниками проєкту та забезпечувати своєчасне завершення будівельних робіт.

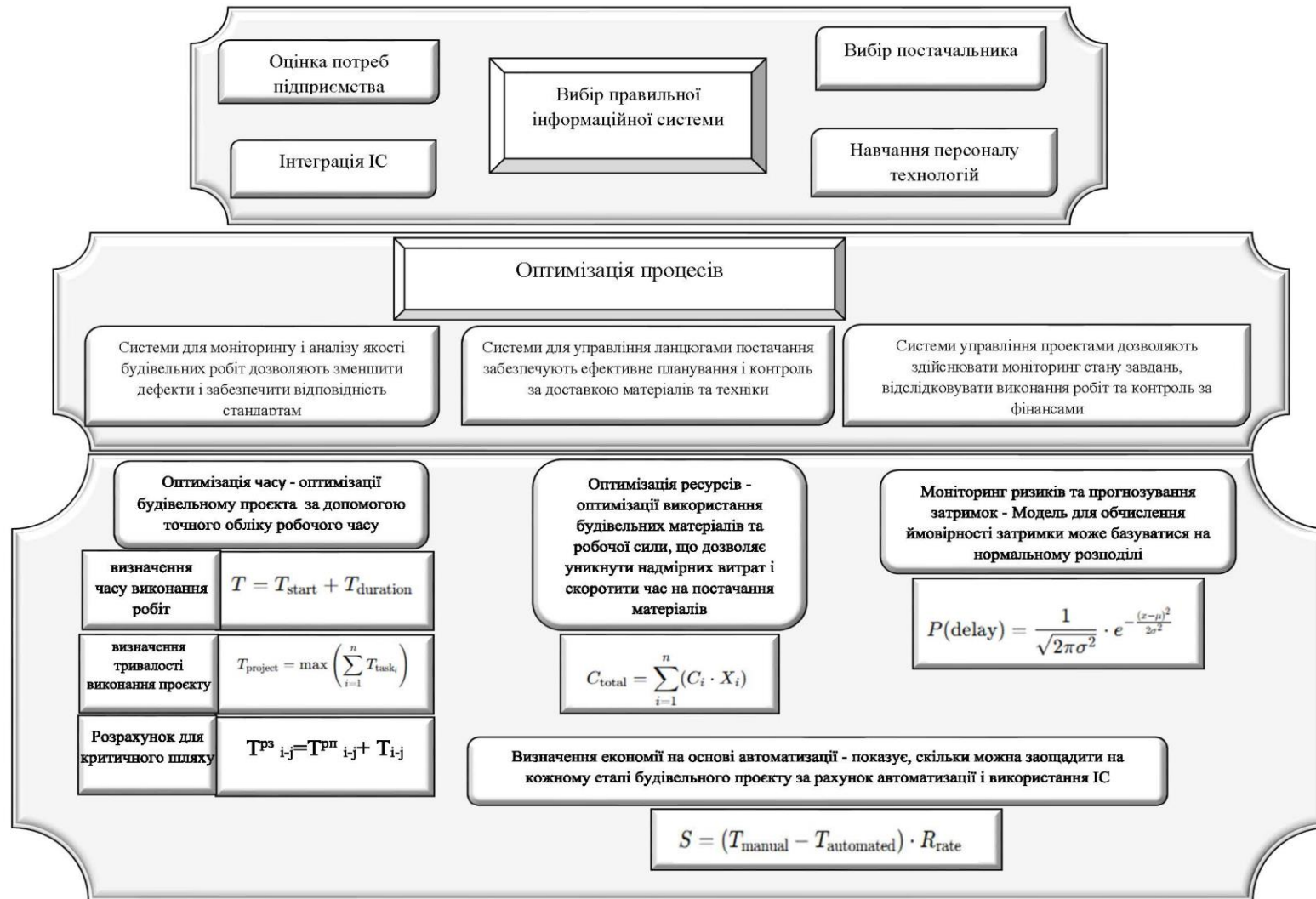


Рисунок 2.1 - Обґрунтування використання інформаційних систем (ІС) для оптимізації процесів організації будівельних проєктів

2.3 Оцінка ефективності впровадження ІТ-рішень в програми розвитку та функціонування будівництва

Оцінка ефективності впровадження ІТ-рішень повинна включати кілька основних аспектів: зниження витрат, підвищення ефективності, покращення якості та ризиків, а також вплив на строки реалізації проекту.

Одним із основних показників ефективності є економія коштів. ІТ-рішення дозволяють значно знизити витрати на різних етапах проекту:

- Зменшення витрат на проектування завдяки BIM, який дозволяє уникнути помилок і витрат на виправлення недоліків на пізніших етапах.
- Підвищення ефективності використання матеріалів, оскільки програмне забезпечення дозволяє точніше планувати закупівлі та розподіл ресурсів.

Завдяки використанню автоматизованих систем управління проектами, відбувається значне підвищення ефективності управлінських процесів. Системи автоматично планують ресурси, визначають оптимальні шляхи для виконання робіт, автоматизують моніторинг виконання проекту та забезпечують постійний контроль за дотриманням термінів та бюджету [9; 97].

Цифрові інструменти дозволяють підвищити точність проектування, зменшити ймовірність помилок та дефектів, які виникають через людський фактор. Використання BIM дає змогу виявляти несумісності проекту на етапі проектування, а використання сенсорів і дронів — здійснювати контроль за якістю виконання робіт на будівництві [1; 60].

Використання даних і аналітичних інструментів дозволяє покращити прогнозування витрат, часу, необхідних ресурсів і потенційних ризиків. Впровадження ІТ-рішень дозволяє будівельним компаніям швидше адаптуватися до змін у проекті і зовнішньому середовищі.

Нижче представлена порівняльна таблиця оцінки ефективності різних ІТ-рішень у програмах розвитку будівництва [9; 10; 31; 34; 41; 87]

Таблиця 2.2 - Порівняльна оцінка ефективності ІТ-рішень

ІТ-рішення	Вплив на зниження витрат	Вплив на ефективність управління	Вплив на якість та зниження ризиків	Вплив на строки реалізації проекту
BIM (Building Information Modeling)	Зниження витрат на виправлення помилок, оптимізація закупівель матеріалів	Покращення координації, автоматизація планування	Підвищення точності проекту, виявлення помилок на етапі проектування	Прискорення процесу проектування і коригування
Програмне забезпечення для управління проектами (MS Project, Primavera)	Зниження витрат завдяки оптимізації ресурсів і термінів	Покращення планування, моніторинг витрат і термінів у реальному часі	Зменшення людського фактору, контроль за виконанням планів	Швидке коригування термінів, оптимізація часу
Інтелектуальні системи моніторингу	Зниження витрат на перевірки та контроль, автоматизація оцінки ресурсів	Покращення контролю за будівництвом, моніторинг прогресу	Моніторинг якості в реальному часі, запобігання дефектам	Прискорення виявлення проблем, зменшення затримок
3D-друк в будівництві	Зниження витрат на	Спрощення процесу	Зменшення дефектів	Швидше виготовлення

	матеріали, скорочення відходів	виготовлення елементів	через точність друку	компонентів, зниження термінів
Дрони та дистанційне управління	Зниження витрат на перевірку стану будівництва, скорочення людських ресурсів	Підвищення точності моніторингу, дистанційний контроль	Контроль за безпекою та якістю на всіх етапах	Зниження часу на контроль і перевірку будівництва

Оцінка ефективності IT-рішень у програмах розвитку будівництва показує, що впровадження сучасних технологій значно підвищує продуктивність, знижує витрати, покращує якість та зменшує ризики. Основними перевагами є оптимізація процесів проектування через BIM, поліпшення управління проектами через спеціалізовані програмні засоби та зниження витрат на матеріали завдяки новітнім технологіям, таким як 3D-друк [1; 55].

Водночас, незважаючи на всі переваги, впровадження IT-рішень вимагає значних фінансових і кадрових витрат на навчання персоналу та інтеграцію нових технологій у вже існуючі організаційні процеси. Однак у довгостроковій перспективі такі інвестиції дозволяють будівельним компаніям значно знижувати операційні витрати та покращувати конкурентоспроможність на ринку [8].

Оцінка ефективності IT-рішень у будівництві може здійснюватися через кілька показників, таких як зниження витрат, підвищення ефективності управління проектами, покращення якості та зниження ризиків, а також прискорення термінів виконання. Формули для цих показників можна

побудувати на основі кількісних даних, зокрема вартості проекту, часу виконання, витрат на матеріали та ресурси [9].

1. Оцінка зниження витрат (Cost Savings)

Зниження витрат на проект через ІТ-рішення (ЗВП):

$$\text{ЗВП} = \frac{C_{\text{традиційні}} - C_{\text{цифрові}}}{C_{\text{традиційні}}} \cdot 100 \quad (2.12)$$

де:

$C_{\text{традиційні}}$ — витрати на проект до впровадження ІТ-рішень,

$C_{\text{цифрові}}$ — витрати на проект після впровадження ІТ-рішень.

Ця формула показує процентне зниження витрат після впровадження ІТ-рішень.

2. Оцінка підвищення ефективності управління проектом (Project Management Efficiency). Для оцінки ефективності управління проектом можна використовувати наступні формули, що порівнює ефективність управлінських процесів до і після впровадження ІТ-рішень:

$$\text{Ефективність управління} = \frac{\text{Термін виконання без ІТ}}{\text{Термін виконання з ІТ}} \times \frac{\text{Якість без ІТ}}{\text{Якість з ІТ}} \times 100 \quad (2.13)$$

де:

Термін виконання — це час, необхідний для завершення проекту.

Якість — це оцінка якості виконання проекту (може бути визначена через кількість дефектів або невідповідностей).

Індекс ефективності впровадження ІТ-рішень (ІЕТ):

$$\text{ІЕТ} = \frac{S_{\text{після}} - S_{\text{до}}}{S_{\text{до}}} \cdot 100 \quad (2.14)$$

де:

$S_{\text{після}}$ — показник ефективності після впровадження ІТ-рішень (може бути виражено через скорочення витрат, часу чи поліпшення якості),

$S_{\text{до}}$ — показник ефективності до впровадження ІТ-рішень.

Покращення якості результатів через ІТ-рішення (ЯР):

$$\text{ЯР} = \frac{Q_{\text{після}} - Q_{\text{до}}}{Q_{\text{до}}} \cdot 100 \quad (2.15)$$

де:

$Q_{\text{після}}$ — показник якості після впровадження ІТ-рішень (може бути оцінено через зниження кількості помилок, підвищення точності розрахунків, поліпшення дизайну),

$Q_{\text{до}}$ — показник якості до впровадження ІТ-рішень.

3. Покращення якості та зниження ризиків (Quality and Risk Reduction)

$$\text{Зниження дефектів} = \frac{(\text{Кількість дефектів до впровадження ІТ} - \text{Кількість дефектів після впровадження ІТ})}{\text{Кількість дефектів до впровадження ІТ}} \times 100$$

Ця формула дозволяє оцінити ефективність ІТ-рішень у покращенні якості проекту та зниженні кількості помилок.

4. Прискорення термінів виконання (Project Time Optimization)

Впровадження ІТ-рішень може призвести до скорочення термінів виконання проекту. Оцінка прискорення термінів може виглядати так:

$$\text{Прискорення термінів} = \frac{(\text{Час без ІТ} - \text{Час з ІТ})}{\text{Час без ІТ}} \times 100 \quad (2.16)$$

Ця формула дозволяє визначити, на скільки відсотків вдалося скоротити терміни проекту завдяки використанню нових технологій.

Часова економія при впровадженні ІТ-рішень (ТЕ):

$$TE = \frac{T_{до} - T_{після}}{T_{до}} \cdot 100 \quad (2.17)$$

де:

$T_{до}$ — загальний час реалізації проекту до впровадження ІТ-рішень,

$T_{після}$ — загальний час реалізації проекту після впровадження ІТ-рішень.

5. Оцінка повернення інвестицій (Return on Investment - ROI)

Для повної оцінки ефективності впровадження ІТ-рішень в будівництво важливо також враховувати рентабельність інвестицій. Формула для ROI виглядає так:

$$ROI = \frac{(\text{Вигоди від впровадження ІТ} - \text{Інвестиції в ІТ})}{\text{Інвестиції в ІТ}} \times 100 \quad (2.18)$$

Вигоди від впровадження ІТ можна оцінювати через зниження витрат, підвищення ефективності або збільшення якості, а інвестиції в ІТ включають витрати на програмне забезпечення, обладнання, навчання персоналу та інші ресурси.

6. Зниження витрат на матеріали через 3D-друк (Cost Reduction by 3D Printing)

Використання 3D-друку в будівництві дозволяє значно знизити витрати на матеріали. Оцінка цього зниження може виглядати так:

$$\text{Зниження витрат на матеріали} = \frac{(\text{Витрати на матеріали до впровадження 3D-друку} - \text{Витрати на матеріали з 3D-друком})}{\text{Витрати на матеріали до впровадження 3D-друку}} \times 100$$

Це показує, що впровадження ІТ-рішень дозволило не лише скоротити терміни виконання проекту, але й підвищити його якість.

7. Комплексний коефіцієнт ефективності впровадження ІТ-рішень (KE):

$$KE = \alpha \cdot IET + \beta \cdot ЗВП + \gamma \cdot ТЕ + \delta \cdot ЯР \quad (2.19)$$

де:

$\alpha, \beta, \gamma, \delta$ — вагові коефіцієнти для кожного з параметрів (визначаються на основі важливості кожного показника для конкретного проекту),

IET — індекс ефективності впровадження ІТ-рішень,

$ЗВП$ — зниження витрат на проект через ІТ-рішення,

$ТЕ$ — часова економія,

$ЯР$ — покращення якості результатів.

8. Індекс інтеграції ІТ-рішень (ІТ):

$$ІТ = \frac{I_{IT}}{I_{інтеграція}} \cdot 100 \quad (2.20)$$

де:

$ІТ$ — рівень інтеграції ІТ-рішень в програму розвитку будівництва,

$I_{інтеграція}$ — загальний рівень інтеграції технологій у будівництво без ІТ-рішень.

Ці формули дозволяють оцінити загальну ефективність впровадження ІТ-рішень в програми розвитку будівництва, зокрема, з точки зору економії витрат, зменшення термінів виконання робіт, покращення якості та інших важливих факторів.

Графік, що порівнює ефективність ІТ-рішень у будівництві за кількома ключовими показниками до і після впровадження технологій. На графіку видно, як ІТ-рішення позитивно впливають на зниження витрат, підвищення ефективності управління проектами, покращення якості, прискорення термінів виконання та повернення інвестицій (ROI). Цей графік демонструє чітке поліпшення результатів після використання ІТ-рішень [9]

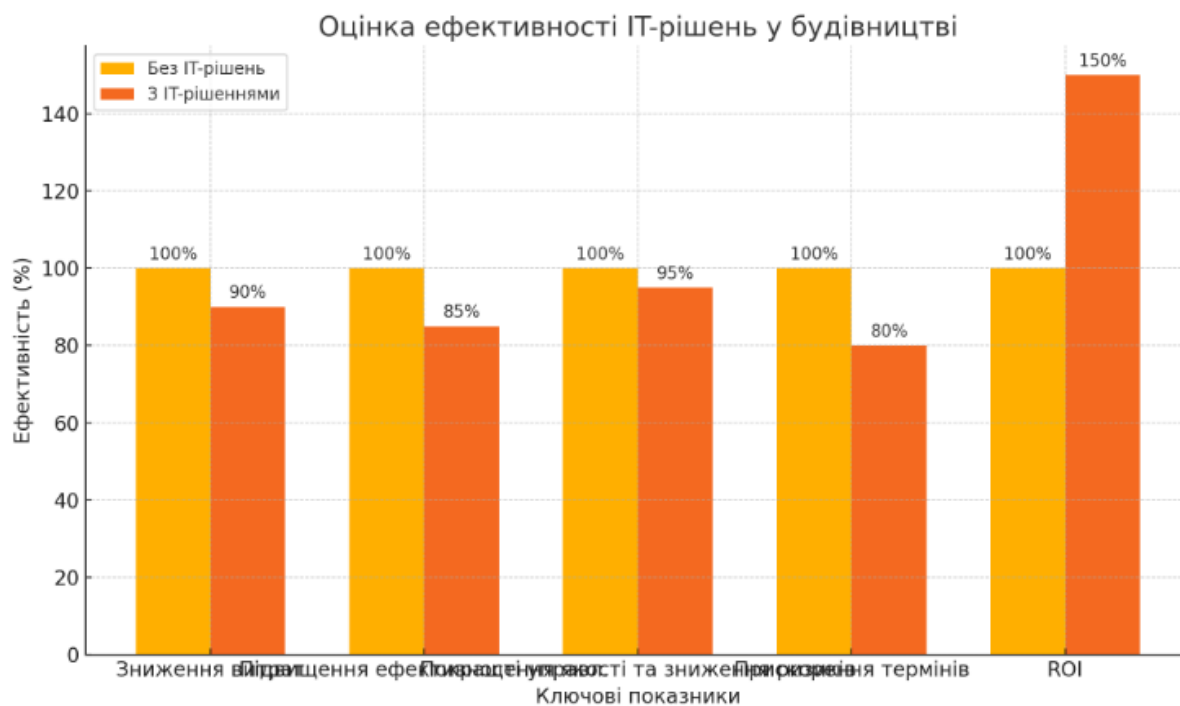


Рисунок 2.2 – Графічне зображення оцінки ефективності впровадження
IT-технологій у будівництво

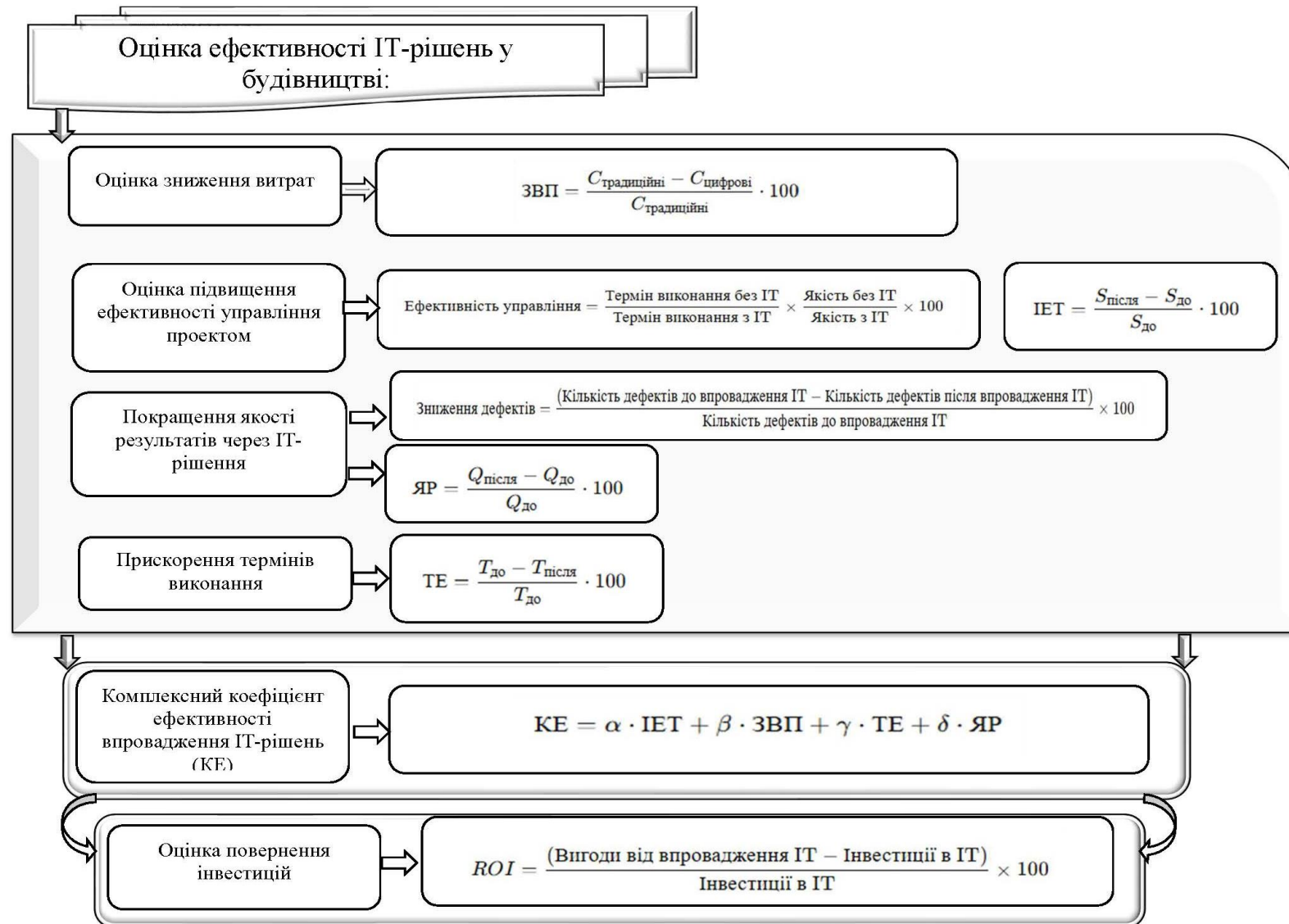


Рисунок 2.3 –Процедуру оцінки ефективності впровадження ІТ-технологій у будівництво

Висновок до розділу 2

Аналітико-теоретичні засади оптимізації організаційних процесів через рівень цифрової трансформації показують, що впровадження цифрових технологій є необхідною умовою для підвищення ефективності та конкурентоспроможності в сучасному управлінні будівельними процесами. Розвиток ІТ-рішень, зокрема в сфері автоматизації, інтеграції даних та використання BIM-технологій, дозволяє значно покращити організацію роботи, зменшити витрати та скоротити терміни виконання проєктів. Цифровізація організаційних процесів також сприяє поліпшенню комунікації між учасниками будівельного проєкту, що в свою чергу веде до зниження кількості помилок та конфліктів.

Таким чином, рівень цифрової трансформації безпосередньо впливає на оптимізацію будівельних процесів, оскільки надає нові можливості для точнішого планування, контролю та управління ресурсами, що забезпечує сталий розвиток галузі. Перспективи подальшої цифровізації вимагають подальшого розвитку теоретичних і методологічних засад, що сприятимуть ще більшій інтеграції інновацій у будівництво та управлінські практики.

Обґрунтування використання інформаційних систем для оптимізації процесів організації будівельних проєктів показує, що інтеграція таких систем є важливим кроком для підвищення ефективності та результативності будівельного виробництва. Завдяки використанню інформаційних технологій можна значно покращити управлінські процеси, зменшити кількість помилок, скоротити час на виконання проєктів і оптимізувати використання ресурсів. Інформаційні системи дозволяють здійснювати точне планування, автоматизувати моніторинг виконання робіт, а також поліпшити координацію між різними учасниками проєкту, що є важливим фактором для успішної реалізації будівельних об'єктів.

Застосування таких технологій у будівництві дозволяє мінімізувати ризики, підвищити якість кінцевого продукту та знизити витрати на всіх етапах проектування і виконання робіт. Подальше впровадження та розвиток інформаційних систем сприятимуть не тільки підвищенню конкурентоспроможності будівельних компаній, але й загальному розвитку індустрії, забезпечуючи стабільне зростання і ефективне використання ресурсів у будівельному секторі.

Оцінка ефективності впровадження IT-рішень у програми розвитку будівництва демонструє значний потенціал для покращення результативності галузі. Впровадження сучасних інформаційних технологій дозволяє не лише оптимізувати управлінські процеси, але й підвищити точність планування, зменшити витрати на виконання робіт, а також скоротити час реалізації проєктів. IT-рішення, зокрема BIM-технології, автоматизовані системи управління проєктами та аналітичні платформи, сприяють поліпшенню взаємодії між учасниками проєкту, підвищенню прозорості та зниженню ймовірності виникнення помилок.

Оцінка ефективності таких рішень також показує, що їх впровадження дозволяє забезпечити високий рівень контролю за виконанням будівельних робіт, покращити моніторинг ресурсів і забезпечити своєчасне реагування на можливі проблеми. Результати таких ініціатив підвищують конкурентоспроможність будівельних компаній, сприяють сталому розвитку галузі та забезпечують реалізацію проєктів в оптимальні строки та з мінімальними витратами. У зв'язку з цим, подальша інтеграція IT-рішень в програми розвитку будівництва є важливим кроком до досягнення більш високої ефективності та інноваційності у будівельній індустрії.

Сформульовано оптимізаційну задачу, яка окреслює основні критерії для удосконалення організаційних процесів будівельного виробництва в рамках обраної стратегії. Це дозволяє забезпечити ефективне балансування всіх ресурсів, а також коректний розрахунок термінів будівництва та введення

об'єктів в експлуатацію. Оптимізація визначених організаційних процесів включає в себе урахування стохастичних факторів, що в межах математичного інструментарію сприяє стійкості системи та досягненню поставлених цілей оптимізації. Цей підхід виступає теоретико-методологічною платформою для створення алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації організаційних процесів будівельного виробництва.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ АЛГОРИТМІЧНО-КРИТЕРІАЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРИЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯМ ІТ-ПЛАТФОРМИ

3.1 Аналітико-математична моделі оптимізації організаційних процесів на засадах ІТ-платформи

Будівництво є складним і багатогранним процесом, що вимагає чіткої організації, ретельного планування та ефективної координації між усіма учасниками, щоб досягти поставлених цілей у встановлені строки та в межах бюджету. Тільки через ефективну координацію замовників, проектувальників, будівельників та постачальників можна досягти бажаного рівня якості та завершити проєкт у встановлені строки. Ключову роль у цьому процесі відіграє організація виробництва, яка охоплює всі аспекти управління будівельними роботами. Вона полягає у ретельному плануванні, ефективній координації та безперервному контролі за виконанням усіх етапів будівництва, що забезпечує їх безперебійне та своєчасне завершення [3; 5; 9].

Однак, у сучасних умовах існує ряд недоліків, які ускладнюють ефективну організацію будівельних процесів.

По-перше, часто спостерігається недостатня інтеграція між різними етапами будівництва, що призводить до затримок і перевитрат. Відсутність єдиної інформаційної платформи для всіх учасників проєкту, таких як замовники, проектувальники, будівельники та постачальники, ускладнює комунікацію та взаємодію, що в свою чергу підвищує ймовірність помилок і неузгодженостей у виконанні робіт.

По-друге, на будівельних майданчиках часто спостерігається нестабільність у постачанні матеріалів та ресурсів, що може спричиняти затримки у виконанні робіт. Також існує проблема з управлінням людськими ресурсами, оскільки неправильний розподіл завдань і неефективне використання робочої сили можуть призвести до зниження продуктивності.

Крім того, наявність великої кількості субпідрядників і постачальників ускладнює координацію між усіма сторонами та збільшує ризик виникнення конфліктів і непорозумінь, що може негативно позначитися на загальному ході проєкту. Усі ці фактори створюють додаткові труднощі для забезпечення своєчасного та якісного виконання будівельних робіт [3; 9].

Аналіз сучасних підходів до оптимізації організаційних процесів у будівництві вказує на необхідність впровадження цифрових технологій, що кардинально змінює методи управління проєктами. Це передбачає інтеграцію цифрових платформ для алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації, що дозволяє адаптувати організаційні процеси до нових умов. Запропонований підхід трансформує традиційну ієрархічну структуру організаційних процесів у гнучку та адаптивну систему, що здатна оперативно реагувати на зміни, спричинені нестабільністю національної економіки [1; 2; 4; 6; 7; 8].

Дослідження ґрунтується на аналізі та узагальненні досвіду вітчизняних і міжнародних науково-дослідних установ, які спрямовані на покращення організаційних процесів у будівництві, що дозволяє визначити основні теоретичні підходи, сучасні тенденції які пов'язані з впровадження інформаційних технологій [2; 3; 9].

Інформаційні технології відіграють фундаментальне значення у цифровізації будівництва, забезпечуючи інтеграцію різних етапів та учасників проєкту. Однією з основних переваг використання інформаційних систем є можливість створення єдиного інформаційного простору, де зберігається вся необхідна інформація про проєкт. Це дає змогу забезпечити оперативний

доступ до даних для всіх учасників, а також зменшити витрати часу на пошук і обробку документів. Така система дозволяє автоматично оновлювати дані про проєкт, координувати роботи між різними підрозділами та компаніями, а також оперативно коригувати план у разі виникнення непередбачуваних ситуацій [1; 2; 4; 7; 8].

Завдяки інформаційним системам можна значно покращити процес планування будівельних робіт. Наприклад, за допомогою спеціалізованих програм для управління будівництвом можна створювати детальні графіки виконання робіт, визначати необхідні ресурси і матеріали, а також оцінювати потреби в кадрах на кожному етапі. Системи для моніторингу та управління проєктами дозволяють своєчасно виявляти відхилення від плану та приймати коригувальні заходи, що є важливим для забезпечення дотримання термінів виконання [6; 9; 10].

Організація будівельного виробництва включає в себе не лише управління матеріальними та фінансовими ресурсами, а й розробку чітких термінів виконання, забезпечення високої якості та дотримання бюджету. Метою є не лише досягнення високих результатів, але й гармонійне узгодження дій усіх учасників, що дозволяє успішно завершити проєкт у встановлені строки та в межах бюджету [3; 9].

Основні принципи організації будівельного процесу включають планомірність, безперервність, ритмічність та комплексність. Задля досягнення цілей важливо забезпечити раціональне використання ресурсів, чітке дотримання графіків виконання робіт, постійний контроль за якістю та безпекою на будівельному майданчику. Окрім цього, значну увагу необхідно приділяти синхронізації робіт між різними учасниками, що дозволить уникнути затримок і збоїв у роботі, а також забезпечити ефективну реалізацію загальної стратегії проєкту [3; 7; 9; 10].

У проєкті організовано логіку управління будівельними та ремонтними проєктами, засновану на завданнях, ресурсах, складі, постачальниках і замовленнях.

Вибудовується зв'язок: завдання потребують ресурси, ресурси постачаються через склад і замовлення.

Усі запаси контролюються, ведеться облік дефіциту та штрафних санкцій за несвоєчасні замовлення або надлишкові запаси.

Кожен проєкт містить завдання, дати їх виконання, розрахунок трудовитрат і витрат на ресурси.

На складі ведеться облік страхових і фактичних запасів матеріалів.

Замовлення формуються планово з урахуванням строків доставки та наявних запасів. Якщо ресурсу не вистачає, автоматично формуються додаткові замовлення. Всі зв'язки та об'єкти показані на функціональній схемі проєкту (рис. 3.1).

За такого підходу можна уявити весь проєкт як сукупність елементарних проєктів (Π_i) у вигляді

$$\Pi = \langle \Pi_i \rangle,$$

де Π – базовий проєкт. Тоді, з точки зору програмування, будь-який елементарний проєкт Π_i може ототожнюватися з класичним об'єктом в сенсі об'єктно-орієнтовного програмування.

Таким чином з методологічного погляду проєкт є набором елементарних проєктів (об'єктів), які організовані по схемі (аналітичний рівень проектування):

начальні дані -> обробка -> результат вирішення завдання

Такий підхід дозволяє складати фінальний проєкт будь-якого ступіню складності і відповідає базовим підходам до програмування сучасних програмних продуктів. На синтетичному рівні елементарні проєкти Π_i збираються відповідно загальної схеми завдання на базовому рівні. Аналітичний рівень висвітлений на рис. 3.1, а синтетичний – на рис. 2.

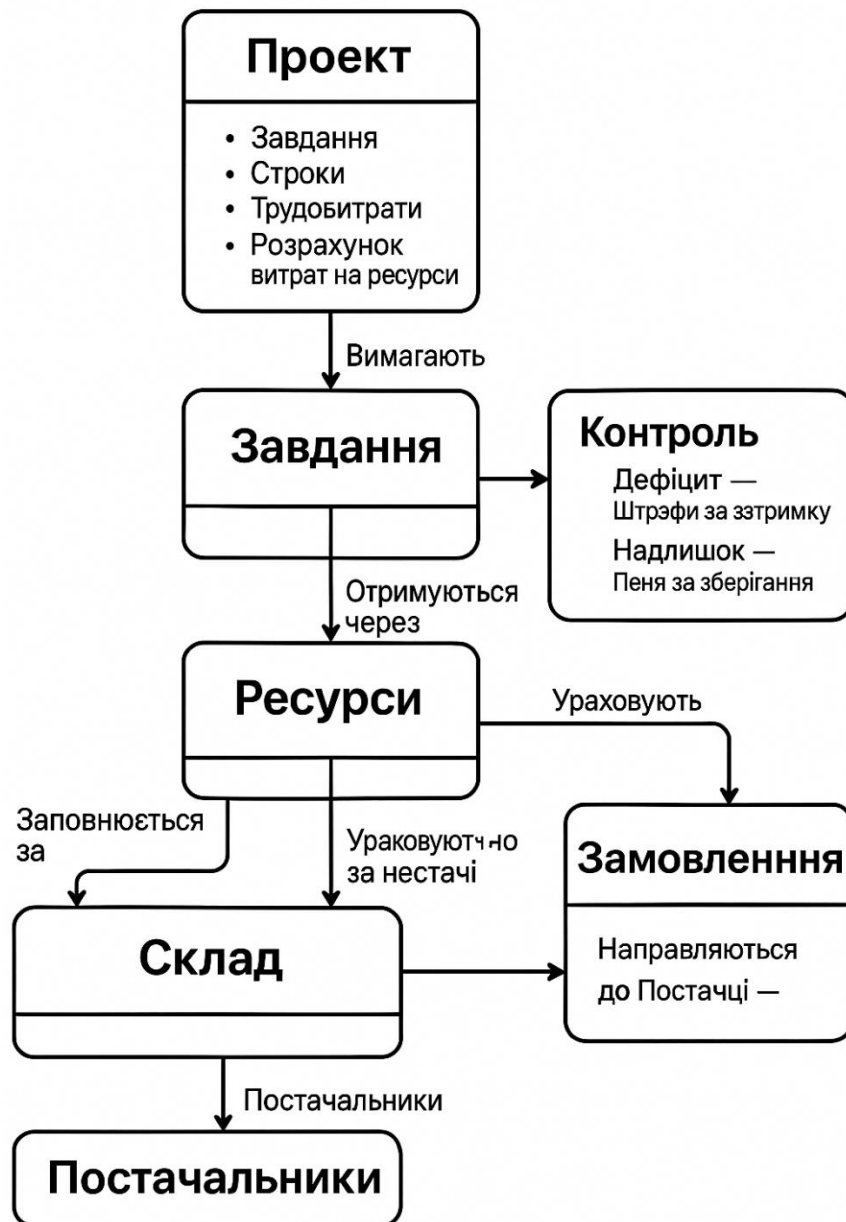


Рисунок 3.1 - Функціональна схема проекту

У межах автоматизованої системи управління будівельним проектом необхідно розробити математичну модель, яка дозволить [2; 19; 20; 26; 46; 63]:

1. розраховувати вартість виконання кожної окремої роботи C_i , з урахуванням:

- базової вартості ресурсу;
- витрат через їхню нестачу;
- перевитрати через надлишок;

- втрати через затримку постачання;
 - прямі трудові витрати.
2. Агрегувати вартість усіх робіт у загальну вартість проєкту.
 3. Оцінювати вплив ризиків та затримок на зміну вартості, зокрема:
 - прогноз дефіциту ресурсів;
 - зсув строків виконання;
 - необхідність екстреного постачання матеріалів.
 4. Оптимізувати ресурсне планування для зниження загальної вартості:
 - вибір постачальників із нижчими штрафами;
 - адаптація графіка виконання під строки постачання;
 - регулювання обсягів страхових запасів.
 5. Формувати діаграму Ганта, яка:
 - візуалізує строки та взаємозв'язки між роботами;
 - синхронізується з графіком постачання ресурсів;
 - враховує наявність ресурсів перед запуском задач;
 - автоматично коригується при зміні зовнішніх умов.

Програмне забезпечення, розроблене для управління будівельним проєктом, виконує низку ключових функцій, пов'язаних із розрахунком вартості, плануванням запасів ресурсів, прогнозуванням дефіциту та оптимізацією постачань. В основі системи лежить математична модель, яка дозволяє приймати обґрунтовані управлінські рішення з урахуванням економічних, логістичних і часових факторів. Математична модель описана нижче у вигляді вкладених алгоритмів. Виходячи з постановки задачі та міркувань реалізації, частину автоматизованої системи управління, проєкт можна представити у вигляді моделі ІТ-платформи організації будівельних процесів (рис. 3.2) та зведеної блок-схеми математичного інструментарію *алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації організаційних процесів у будівництві* (рис. 3.3), яка деталізує усі зв'язки та об'єкти проєкту [53; 63; 65; 77; 78; 81].

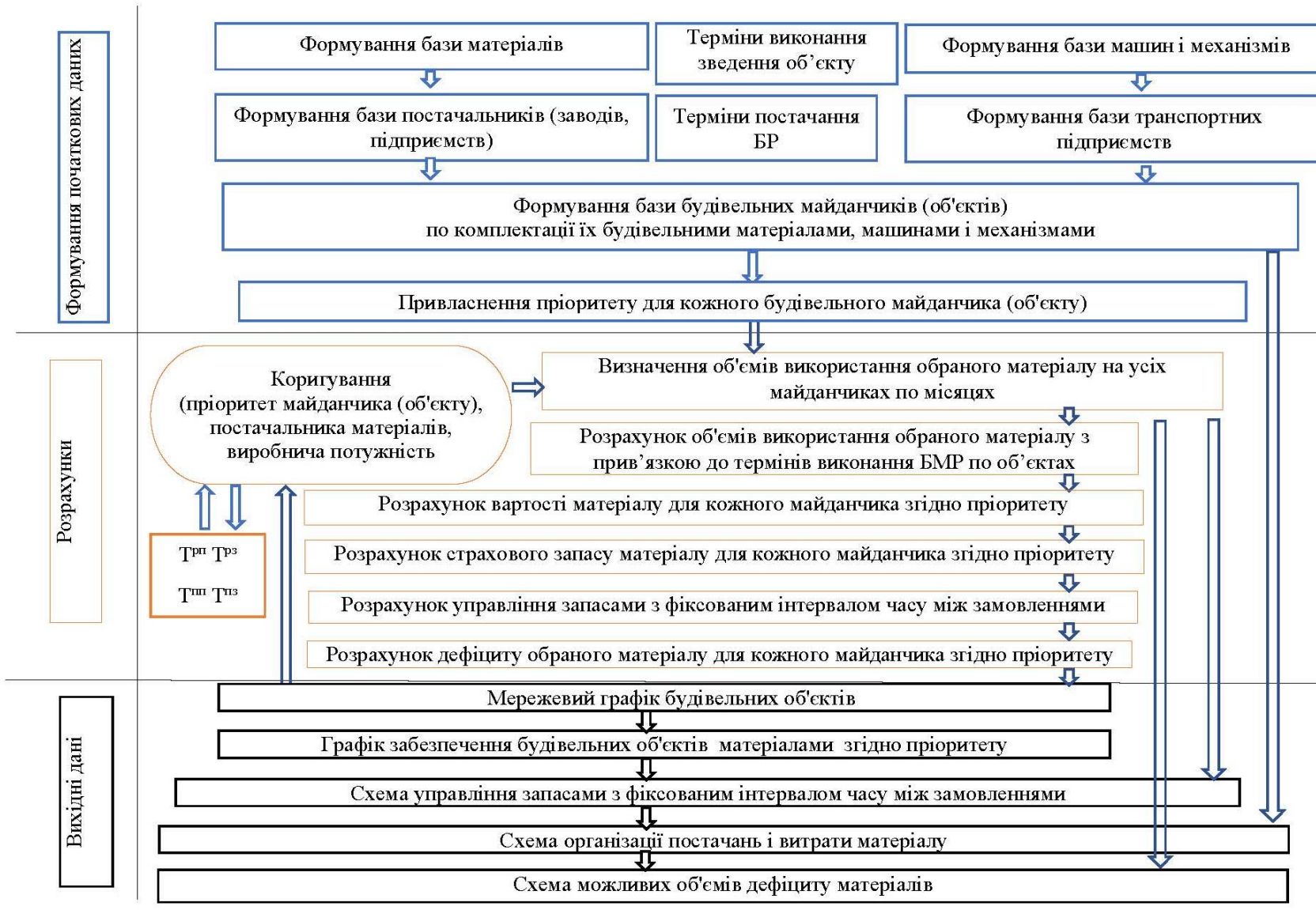


Рисунок 3.2 - Модель ІТ-платформи організації будівельних процесів

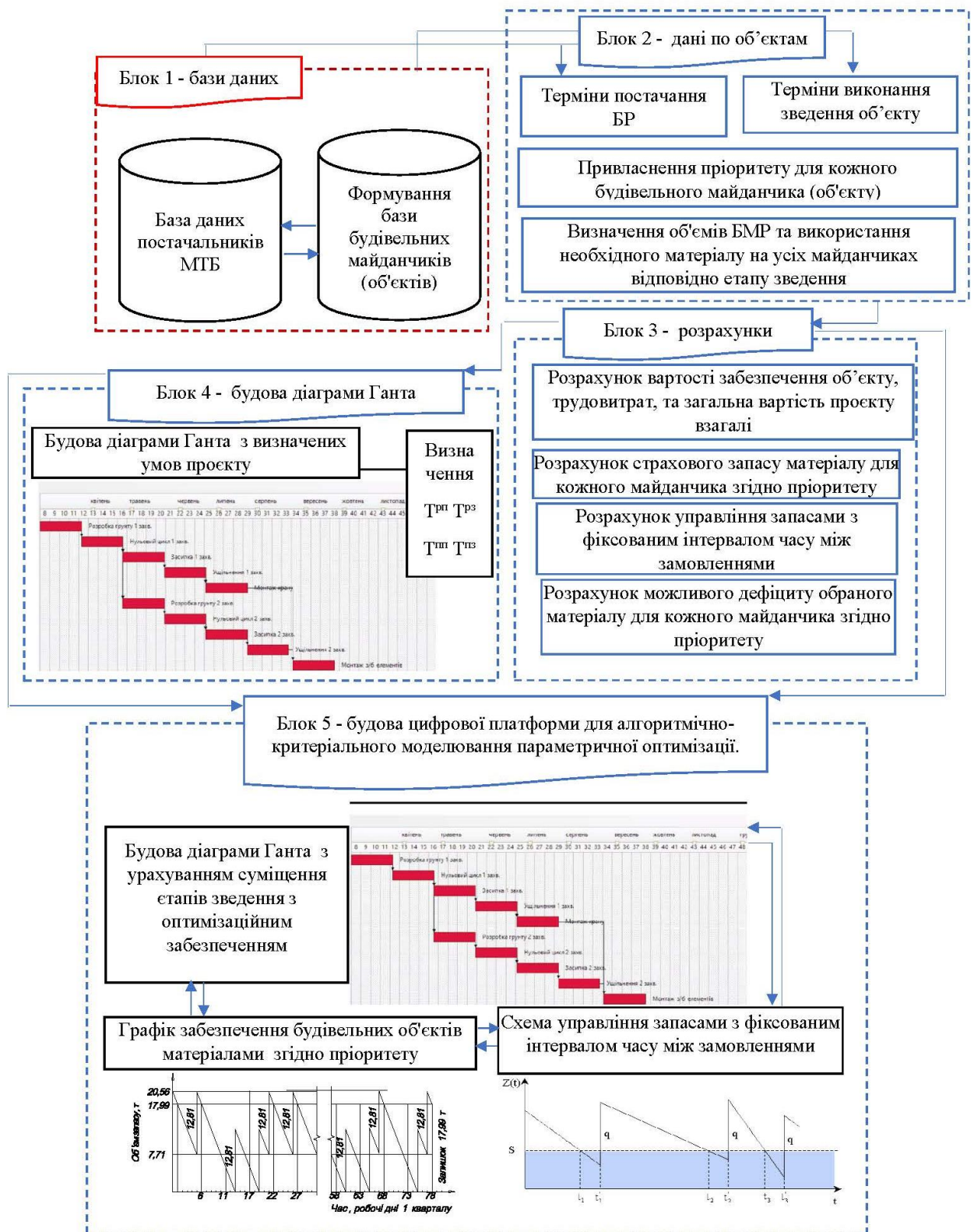


Рисунок 3.3 - Зведена блок-схема математичного інструменту алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації організаційних процесів у будівництві

Управління постачанням матеріалів також може бути значно покращене за допомогою цифрових технологій. За допомогою спеціальних програмних продуктів можна автоматизувати процес замовлення та постачання будівельних матеріалів, що дозволяє уникнути затримок, пов'язаних з недостатнім забезпеченням проекту необхідними ресурсами. Інформаційні системи для управління постачанням дають змогу отримати актуальні дані про наявність матеріалів, їхню кількість на складі, а також оптимізувати час постачання до будівельного майданчика. Вище сказане є підґрунтям для розробки математичного інструментарія алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації організаційних процесів у будівництві (рис. 3.3).

Впровадження ІТ-технологій у будівництво сприяє підвищенню якості виконаних робіт. Оскільки інформаційні системи дозволяють здійснювати більш детальне планування та моніторинг, зменшується ймовірність допущення помилок, а також покращується якість матеріалів і виконання технологічних процесів. Цифровізація будівництва допомагає створювати більш детальні проекти, що дозволяють передбачати та враховувати всі можливі ризики і недоліки, що виникають під час будівництва [1; 8; 11; 12].

Важливо зазначити, що з розвитком цифрових технологій зростає й потреба в спеціалістах, які здатні працювати з такими системами. У зв'язку з цим, важливою складовою впровадження ІТ-технологій є навчання персоналу, що дозволяє забезпечити належну експлуатацію нових програм і систем. Крім того, необхідно враховувати і питання безпеки даних, оскільки використання інформаційних систем передбачає обробку великої кількості конфіденційної інформації, що вимагає дотримання певних стандартів захисту.

Загалом, впровадження інформаційних технологій у будівництво дозволяє значно покращити організацію та координацію робіт, забезпечити високу якість виконання проєктів, а також знизити витрати та ризики. Системи автоматизації та моніторингу, а також інструменти для управління ресурсами, постачаннями і фінансами, є важливими інструментами для успішної реалізації

будівельних проєктів у сучасних умовах. Застосування таких технологій дозволяє будівельним компаніям досягати більш високих результатів, що робить галузь більш ефективною, конкурентоспроможною та інноваційною [13; 14].

Впровадження автоматизованих інформаційних систем в будівництво є важливим кроком для досягнення значних економічних і організаційних переваг у галузі. Застосування таких технологій дозволяє підвищити ефективність управління будівельними проєктами, оптимізувати планування, розподіл ресурсів, а також значно зменшити витрати на управлінський облік та контроль. Водночас, автоматизація сприяє покращенню прозорості фінансових потоків та підвищенню якості аналізу та оцінки проєктів [61; 63].

Таблиця 3.1 - Типології базових критеріїв оптимізації організації будівельних процесів:

Категорія критерію	Опис	Приклади заходів оптимізації
Технічні критерії	Оцінка ефективності технологій, методів будівництва та матеріалів	Впровадження BIM-технологій, використання збірних конструкцій, автоматизація процесів
Економічні критерії	Мінімізація витрат та забезпечення фінансової ефективності	Оптимізація постачання матеріалів, контроль витрат, зниження енерговитрат
Організаційні критерії	Раціональне управління ресурсами та координація учасників проєкту	Поліпшення комунікацій, застосування цифрових платформ, визначення чітких графіків виконання робіт
Трудові критерії	Підвищення продуктивності праці та безпеки робітників	Автоматизація ручних процесів, навчання персоналу, забезпечення безпечних умов праці
Нормативно-	Відповідність чинним	Дотримання будівельних норм,

правові критерії	законодавчим вимогам та стандартам	сертифікація матеріалів, узгодження з екологічними стандартами
Інноваційні критерії	Використання передових технологій для покращення будівельних процесів	Впровадження інноваційних технологій у будівництві

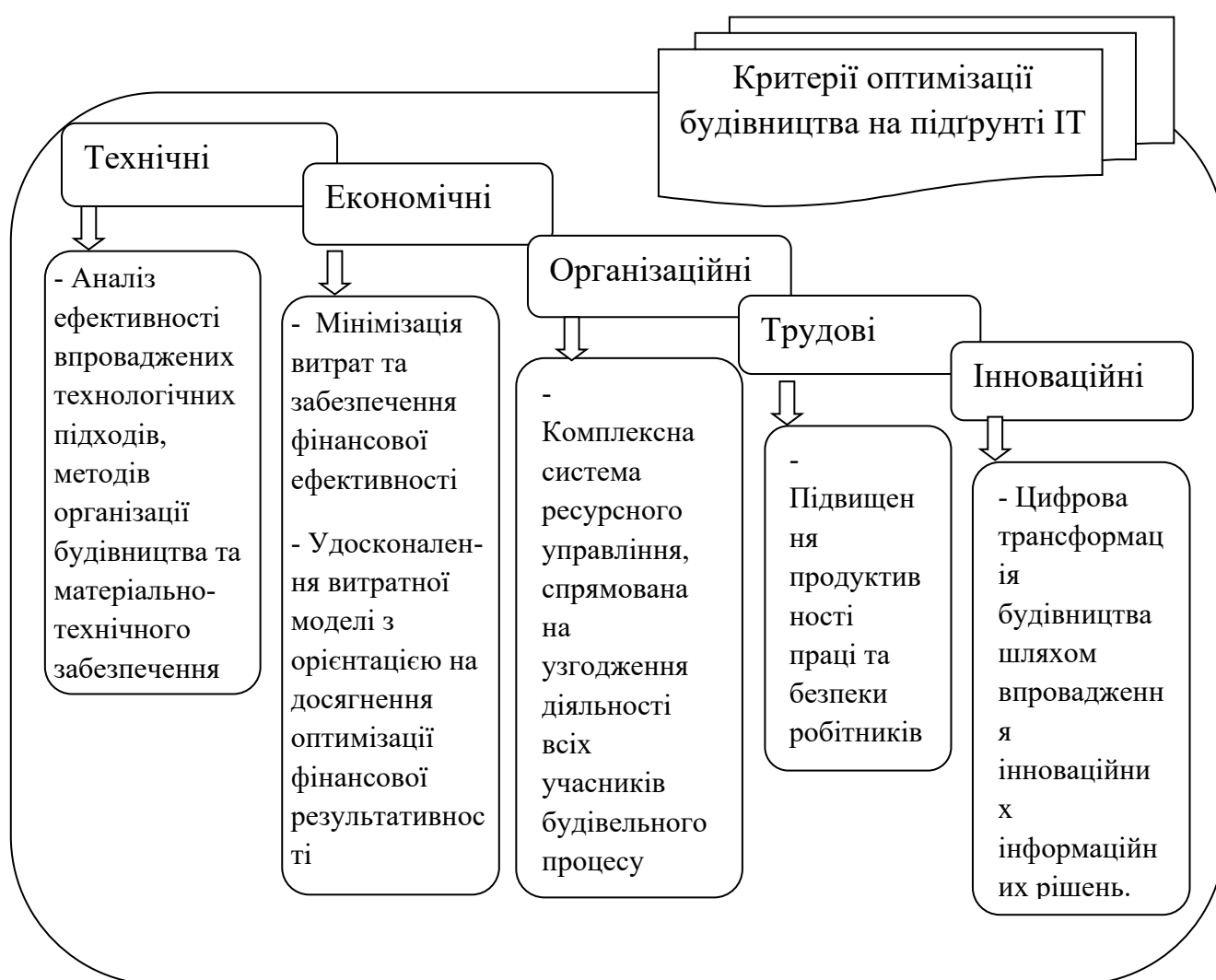


Рисунок 3.4 - Критерії оптимізації будівництва на підґрунті ІТ

3.2 Конструювання математичного інструментарію алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації організаційних процесів у будівництві

У даному розділі розроблено формалізований математичний інструментарій алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації організаційних процесів у будівництві, який описує взаємозв'язок між фундаментальними параметрами проєкту: вартістю робіт, споживанням ресурсів, тривалістю виконання, трудовими витратами, ризиками дефіциту матеріалів та формуванням страхового запасу. Цей інструментарій дозволяє застосовувати кількісні методи оптимізації управлінських рішень у сфері будівельної логістики та багатогранної організації процесів забезпечення.

Ефективне управління ресурсним забезпеченням будівельного проєкту є фундаментальним фактором у досягненні економічної доцільності, технологічної безперервності та дотриманні строків реалізації. За умов багатокомпонентної структури будівництва, необхідно враховувати численні фактори ризику: затримки постачання, сезонні коливання, варіативність споживання ресурсів, коливання вартості, людський фактор та технологічну складність. Тому виникає потреба у застосуванні комплексного математичного інструментарію алгоритмічно-критеріального моделювання, що інтегрує логістичні, економічні та ймовірнісні параметри [7; 8].

Запропонований інструментарій моделі поділяється на чотири основні блоки:

1. Оцінка вартості виконання робіт;
2. Формування страхового запасу;
3. Прогнозування дефіциту;
4. Оптимізація замовлення в умовах фіксованого інтервалу.

Кожен з блоків описується формалізованими залежностями, які дозволяють уніфікувати управлінські рішення на різних стадіях проєкту.

1. Розрахунок вартості виконання роботи

Метою даного блоку є побудова функції загальної вартості робіт, що включає не лише безпосередні витрати на матеріали та оплату праці, але й фінансові втрати через затримки, дефіцит або надлишковість ресурсів.

Загальна вартість виконання робіт визначається як сума витрат на ресурси, штрафів за дефіцит чи надлишок, втрат від затримок, а також трудових витрат.

Формалізуємо відповідні компоненти:

Формула базової вартості матеріальних ресурсів C_{res} :

$$C_{res} = x_r \times C_r, \quad (3.1)$$

де:

x_r — обсяг необхідного ресурсу;

C_r — вартість одиниці ресурсу.

Формула витрат через дефіцит ресурсу P_{def} :

$$P_{def} = \max(0, x_r - L_r) \times d_{1r}, \quad (3.2)$$

де:

L_r — фактичний доступний запас;

d_{1r} — коефіцієнт штрафу за дефіцит.

Витрати через надлишок P_{ex} :

$$P_{ex} = \max(0, L_r - x_r) \times d_{2r}, \quad (3.3)$$

де

d_{2r} — коефіцієнт утримання або втрати від надлишку.

Затримки у постачанні ведуть до додаткових втрат P_{delay} :

$$P_{delay} = \max(0, h_i - h_r) \times d_{tr}, \quad (3.4)$$

де

h_i — дата початку робіт;

h_r — дата надходження ресурсу;

d_{tr} — витрати на один день простою (штраф за затримку).

Трудові витрати (прямі трудові витрати) враховуються за формулою C_{lab} :

$$C_{lab} = H_i \times S, \quad (3.5)$$

де:

H_i – тривалість робіт у годинах (обсяг годин);

S – погодинна ставка праці (ставка оплати).

Таким чином, загальна вартість етапу:

$$C_i = C_{res} + P_{def} + P_{ex} + P_{delay} + C_{lab} \quad (3.6)$$

Ця модель дозволяє врахувати повний спектр витрат, пов'язаних як із безпосереднім споживанням ресурсів, так і з можливими відхиленнями у графіку (всебічно охопити усі економічні наслідки процесу забезпечення роботи).

2. Формування страхового запасу

Страховий запас забезпечує буфер між реальним попитом та можливими збоями у постачанні. Він складається з чотирьох елементів:

Базовий попит (перекриття середнього попиту) S_{base} :

$$S_{base} = D_r \times L_r, \text{ де} \quad (3.7)$$

D_r – середньодобове споживання;

L_r – час очікування постачання.

Варіативність попиту (флуктуації попиту) S_{var} :

$$S_{var} = Z \times \sigma_r, \text{ де} \quad (3.8)$$

σ_r – стандартне відхилення денного споживання;

Z – коефіцієнт надійності (залежно від рівня сервісу).

Компенсація затримок постачання S_{comp} :

$$S_{comp} = \max(0, R_r - A_r), \text{ де} \quad (3.9)$$

R_r – очікуване постачання;

A_r – фактично отриманий обсяг.

Сезонна поправка (сезонне коригування) S_{season} :

$$S_{season} = P_r, \text{ де} \quad (3.10)$$

P_r – величина, що враховує сезонні впливи.

Повна формула:

$$S_r = S_{base} + S_{var} + S_{comp} + S_{season} \quad (3.11)$$

Цей підхід дозволяє створювати адаптивні моделі страхового забезпечення, чутливі до змін у попиті та постачанні. Застосування статистичних характеристик (середнє, відхилення) підвищує точність розрахунку.

3. Прогнозування дефіциту ресурсів

Наступним етапом є оцінка ймовірного дефіциту на основі зіставлення ресурсної потреби та наявного покриття. Дефіцит є основним тригером для прийняття рішень щодо поповнення запасів.

Рівняння сумарної забезпеченості:

$$A_r = I_r + S_r + Q_r, \text{ де:} \quad (3.12)$$

I_r – залишок на складі (поточний запас);

S_r – страховий запас;

Q_r – очікуване надходження.

Обсяг дефіциту визначається як:

$$D_r = \max(0, C_r - A_r), \text{ де } C_r \text{ — загальна потреба.}$$

Модель дозволяє ранжувати ризики та прив'язати їх до пріоритетності тому рівень ризику оцінюється наступним чином:

Високий ризик: $D_r > 0,2 \times C_r$; $D_r \leq 0$;

Середній ризик: $0,1 \times C_r < D_r \leq 0,2 \times C_r$;

Низький ризик: $0 < D_r \leq 0,1 \times C_r$;

Відсутній: $D_r = 0$.

Це дозволяє реалізовувати пріоритетне управління ресурсами, орієнтоване на найбільш критичні точки.

4. Управління запасами при фіксованому інтервалі

Модель управління запасами передбачає регулярне замовлення на фіксованих інтервалах, що відповідає політиці циклічного поповнення запасів.

Розрахунок базової потреби:

$$Q_{base} = D \times T, \text{ де:} \quad (3.13)$$

D — денне споживання;

T — тривалість інтервалу між замовленнями.

Коригування з урахуванням мінливості попиту (адаптація під змінний попит):

$$Q_{var} = Z \times \sigma, \text{ де} \quad (3.14)$$

σ — стандартне відхилення попиту.

Фінальне замовлення розраховується як:

$$Q = Q_{base} + Q_{var} + S - I, \text{ де:} \quad (3.15)$$

S — страховий запас;

I — поточний залишок на складі (поточний складський рівень).

Модель дозволяє уникати надмірних витрат на екстрене поповнення та забезпечує безперервність матеріального потоку.

Представлена математична модель є гнучким інструментом для кількісного аналізу ресурсного забезпечення будівельних проєктів. Вона інтегрує статистичні, логістичні та економічні підходи, що забезпечує її застосовність у складних, багатофакторних умовах. Використання цієї моделі в інформаційних системах управління дозволяє:

- підвищити точність розрахунків;
- знизити ризики дефіциту;
- оптимізувати графіки постачання;
- забезпечити адаптивність до змін у зовнішньому середовищі.

Таким чином, модель виступає не лише як аналітичний засіб, а як основа для побудови ефективної системи управління ресурсами у будівництві.

Застосування цієї моделі дозволяє здійснювати деталізовану оцінку вартості робіт з урахуванням ризик-орієнтованого підходу. Використання функції максимуму в розрахунках дозволяє враховувати лише критичні ситуації перевищення чи недостатності ресурсів.

3.3 Формування алгоритмічного підходу до оптимізації організаційних процесів у будівництві

У результаті проведеного дослідження нами розроблено комплексний алгоритм оптимізації організаційних процесів у будівництві, який передбачає послідовне проходження низки розрахункових етапів. Алгоритм включає аналіз вихідних даних, формалізацію критеріїв ефективності, моделювання варіантів організаційно-технологічних рішень, їх оцінювання за заданими критеріями, а також вибір оптимальної стратегії реалізації будівельного проєкту з урахуванням ресурсних, часових та економічних обмежень [7; 8].

1. Розрахунок вартості забезпечення об'єкту трудовитрат, та загальна вартість проєкту взагалі:

$$Ci = r \sum (xr \cdot Cr + \max(0, xr - Lr) \cdot d1r + \max(0, Lr - xr) \cdot d2r + \max(0, hi - hr) \cdot dtr) + (Hi \cdot S) \quad (3.16)$$

Опис змінних:

- x_r — обсяг ресурсу, необхідного для роботи
- C_r — вартість одиниці ресурсу
- L_r — обсяг ресурсу на складі
- d_{1r} — штраф за дефіцит ресурсу
- d_{2r} — штраф за надлишок ресурсу
- h_i — дата початку роботи
- h_r — дата надходження ресурсу
- d_{tr} — штраф за затримку надходження ресурсу
- H_i — кількість годин роботи
- S — ставка за годину

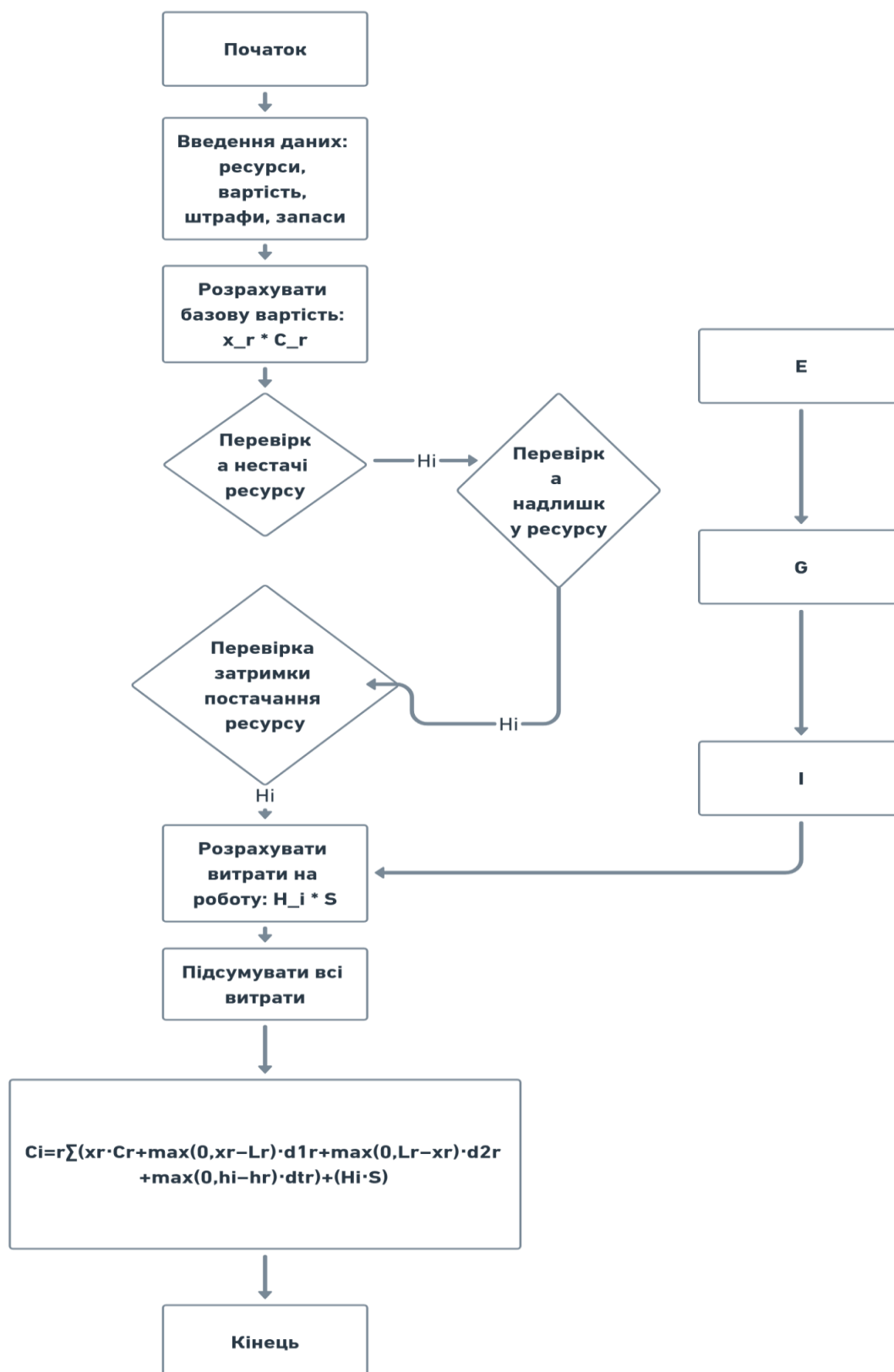


Рисунок 3.5 – Алгоритм розрахунку вартості забезпечення об'єкту трудовитрат, та загальна вартість проекту взагалі

2. Розрахунок страхового запасу матеріалу для кожного майданчику згідно пріоритету

$$S_r = (D_r \cdot L_r) + (Z \cdot \sigma_r) + \max(0, R_r - A_r) + P_r \quad (3.17)$$



Опис змінних:

S_r – страховий запас ресурсу для майданчика

D_r – середнє споживання ресурсу за день

L_r – середній термін постачання ресурсу (в днях)

Z – коефіцієнт надійності (визначає рівень запасу в залежності від пріоритету)

σ_r – стандартне відхилення споживання ресурсу

R_r – очікуваний обсяг постачання ресурсу

A_r – фактично отриманий обсяг ресурсу

P_r – коефіцієнт сезонного коригування

Пріоритети впливають на коефіцієнт запасу (Z) та коефіцієнт сезонності (P_r).

Вплив на рівень допустимого дефіциту:

- ****Високий пріоритет:**** дефіцит неприпустимий ($D_r \leq 0$). У разі нестачі ресурсу необхідно терміново перерозподілити запаси або організувати екстрене постачання.

- ****Середній пріоритет:**** допустимий дефіцит до 10% від потреби ($D_r \leq 10\% C_r$). У разі нестачі ресурсу можливе коригування поставок або допустимі короткострокові затримки.

- ****Низький пріоритет:**** допустимий дефіцит до 20% від потреби ($D_r \leq 20\% C_r$). Тимчасовий дефіцит не є критичним і не впливає на основні процеси.

Рисунок 3.6 – Алгоритм розрахунку страхового запасу матеріалу для кожного майданчику згідно пріоритету

3. Розрахунок управління запасами за фіксованим інтервалом часу між замовленнями

$$S = (Z \cdot \sigma) + (L \cdot D)$$

$$Q = (D \cdot T) + S - I \quad (3.18)$$



Рисунок 3.7 – Алгоритм розрахунку управління запасами за фіксованим інтервалом часу між замовленнями

Опис змінних:

- Q — обсяг замовлення
- D — середнє споживання матеріалу за день
- T — фіксований інтервал між замовленнями (в днях)
- S — страховий запас
- I — поточний рівень запасу на складі
- Z — коефіцієнт надійності (визначає рівень страхового запасу залежно від ризиків)
- σ — стандартне відхилення попиту
- L — час виконання замовлення (lead time)
- D — середнє денне споживання матеріалу

Алгоритм

1. Визначається фіксований інтервал замовлення T .
2. Перед кожним замовленням розраховується необхідний обсяг Q з урахуванням середнього попиту, страхового запасу та поточного рівня запасу.
3. Замовлення надсилається постачальнику, навіть якщо залишок на складі ще не досяг критичного рівня.

4. Розрахунок можливого дефіциту обраного матеріалу для кожного майданчика згідно пріоритету

$$Dr = \max(0, (Cr - (Ir + Sr + Or))) \quad (3.19)$$

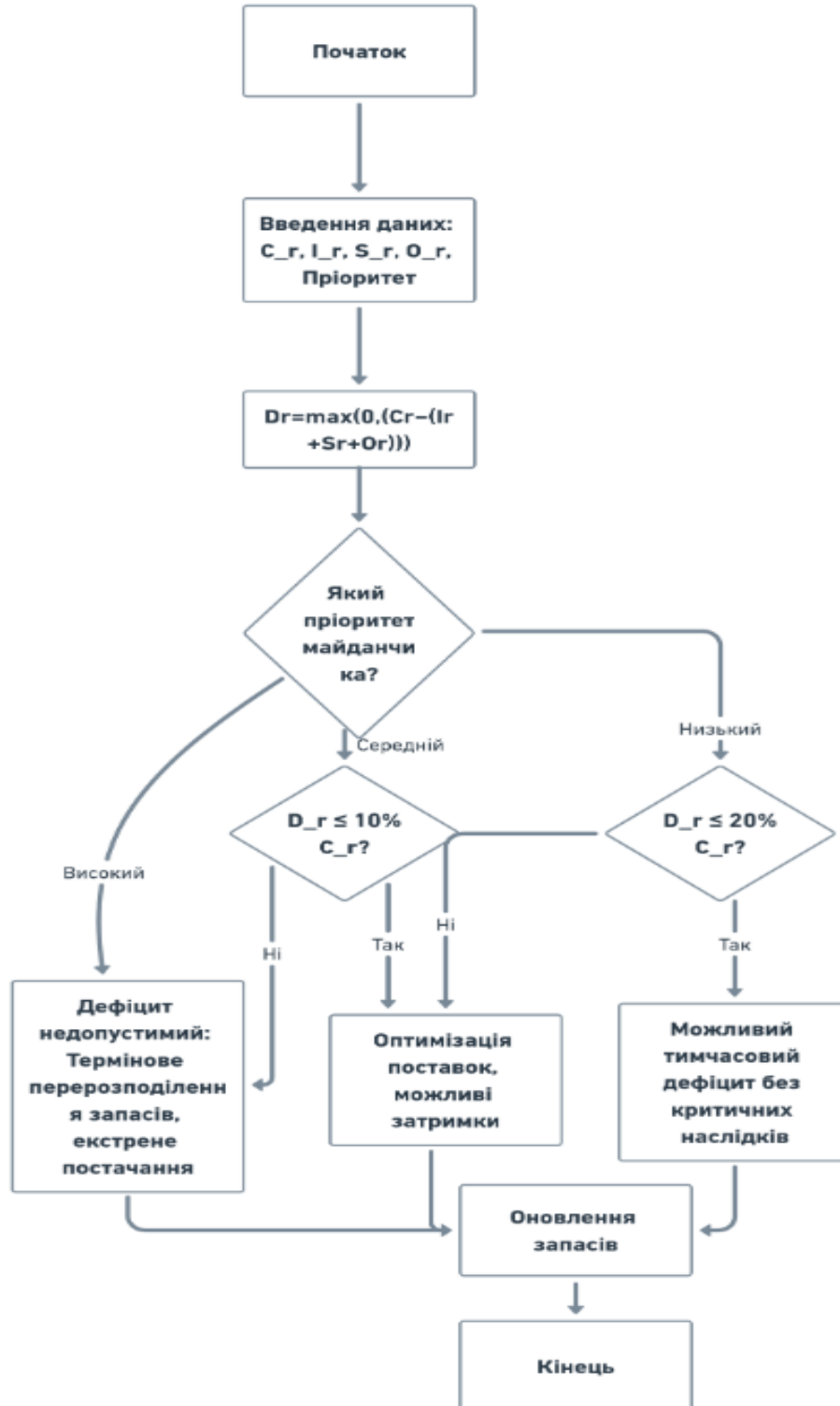


Рисунок 3.8 – Алгоритм розрахунку можливого дефіциту обраного матеріалу для кожного майданчика згідно пріоритету

Опис змінних:

D_r – прогнозований дефіцит ресурсу r

C_r – потреба в ресурсі до наступного постачання

I_r – поточний запас ресурсу

S_r – страховий запас ресурсу

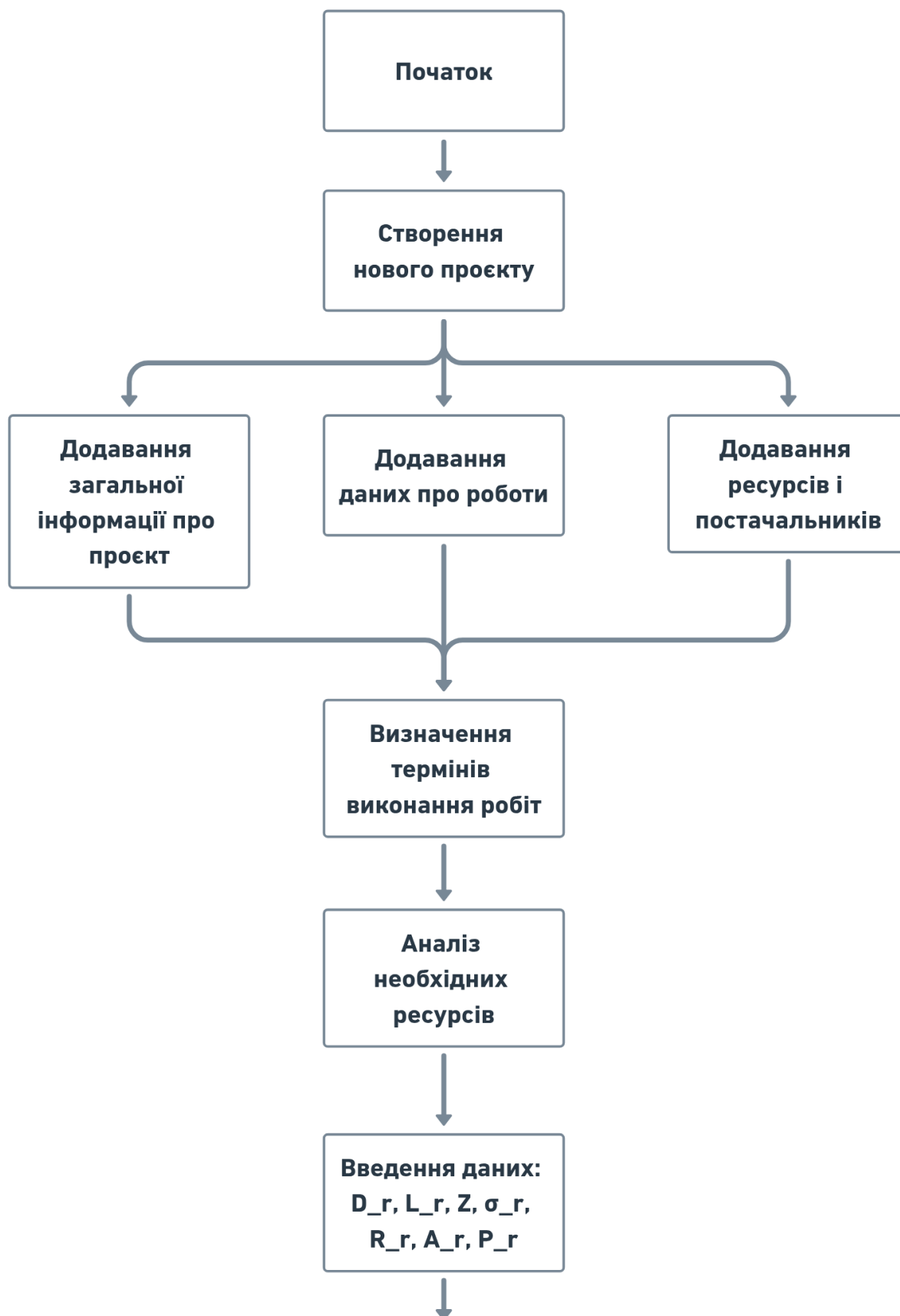
O_r – очікувані постачання ресурсу (з урахуванням затримок)

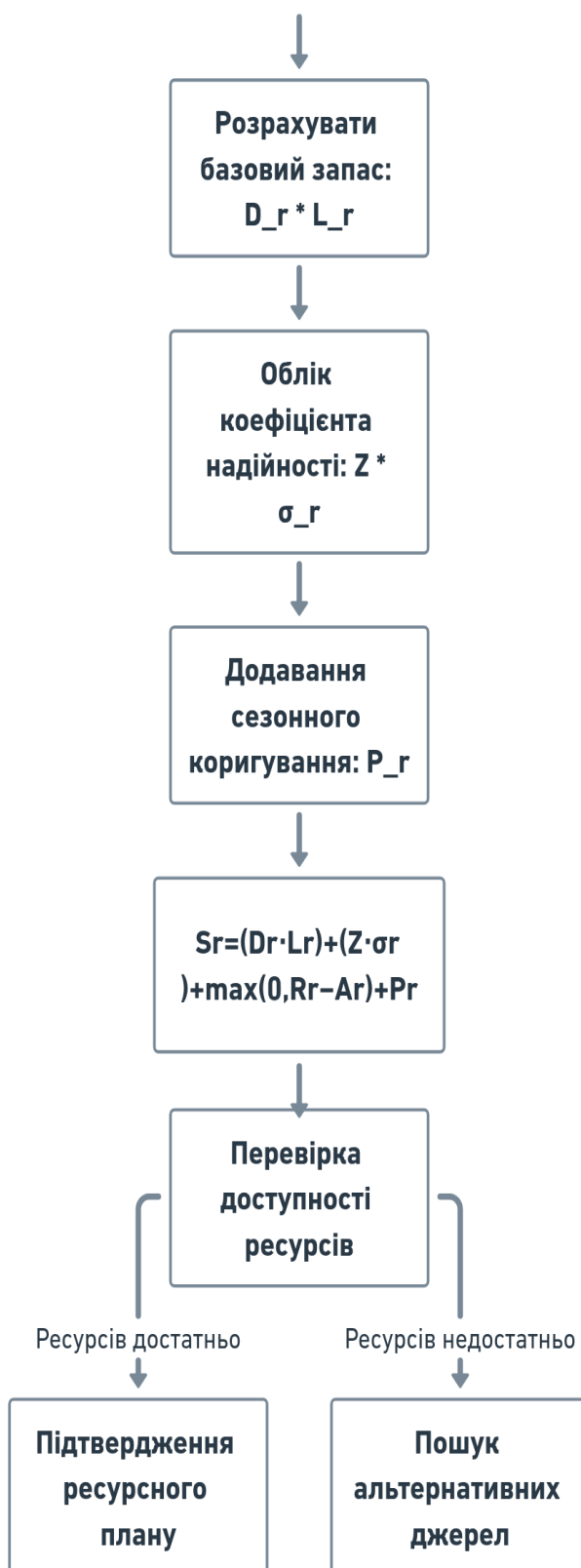
Вплив на коефіцієнт запасу та сезонне коригування:

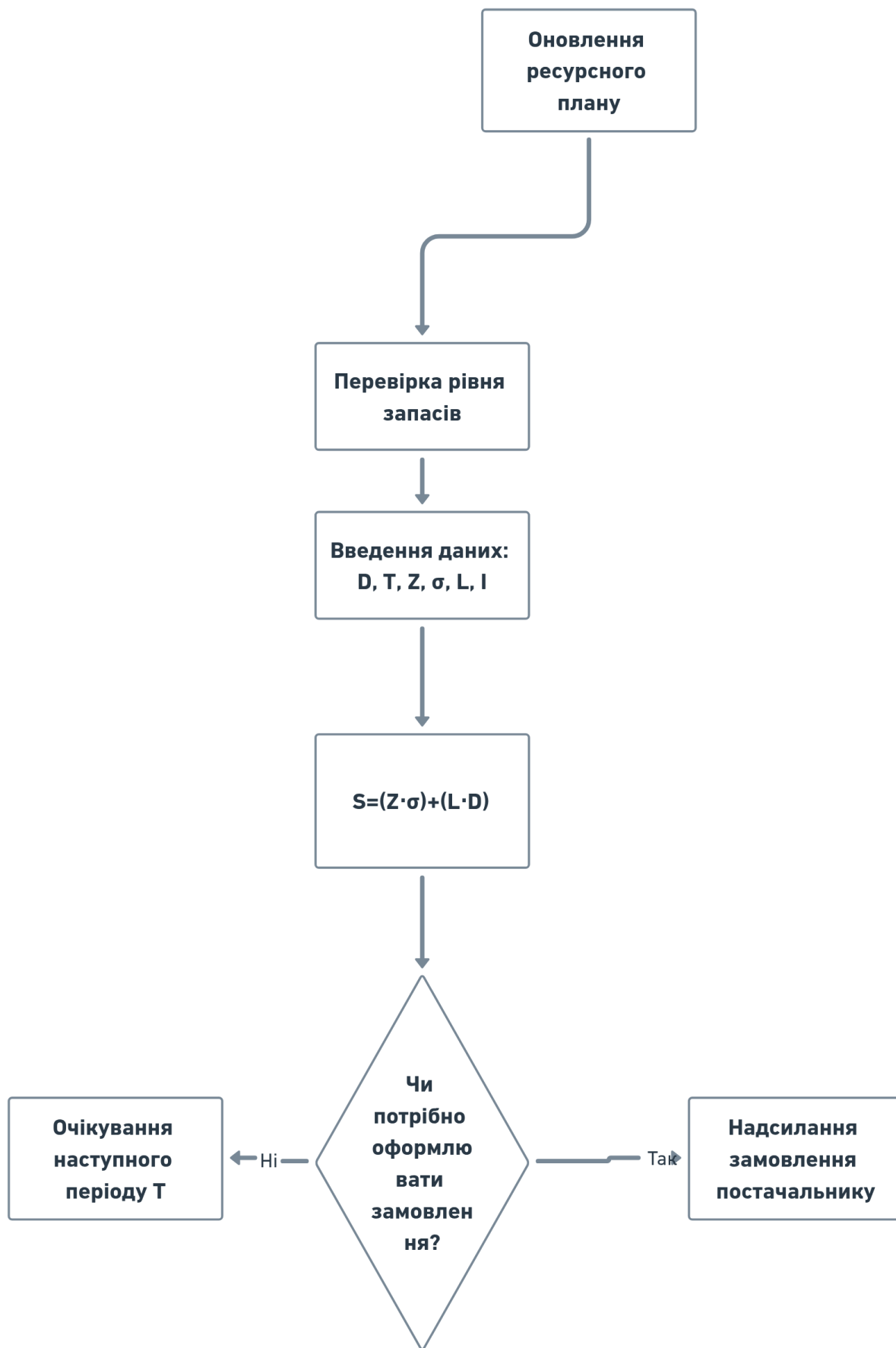
- Високий пріоритет: коефіцієнт запасу $Z = 3.0$, сезонне коригування запасу $P_r = 10\%$. Забезпечує максимальний рівень запасів для критично важливих робіт.

- Середній пріоритет: коефіцієнт запасу $Z = 2.0$, сезонне коригування запасу $P_r = 5\%$. Оптимізоване управління запасами з урахуванням помірного рівня ризиків.

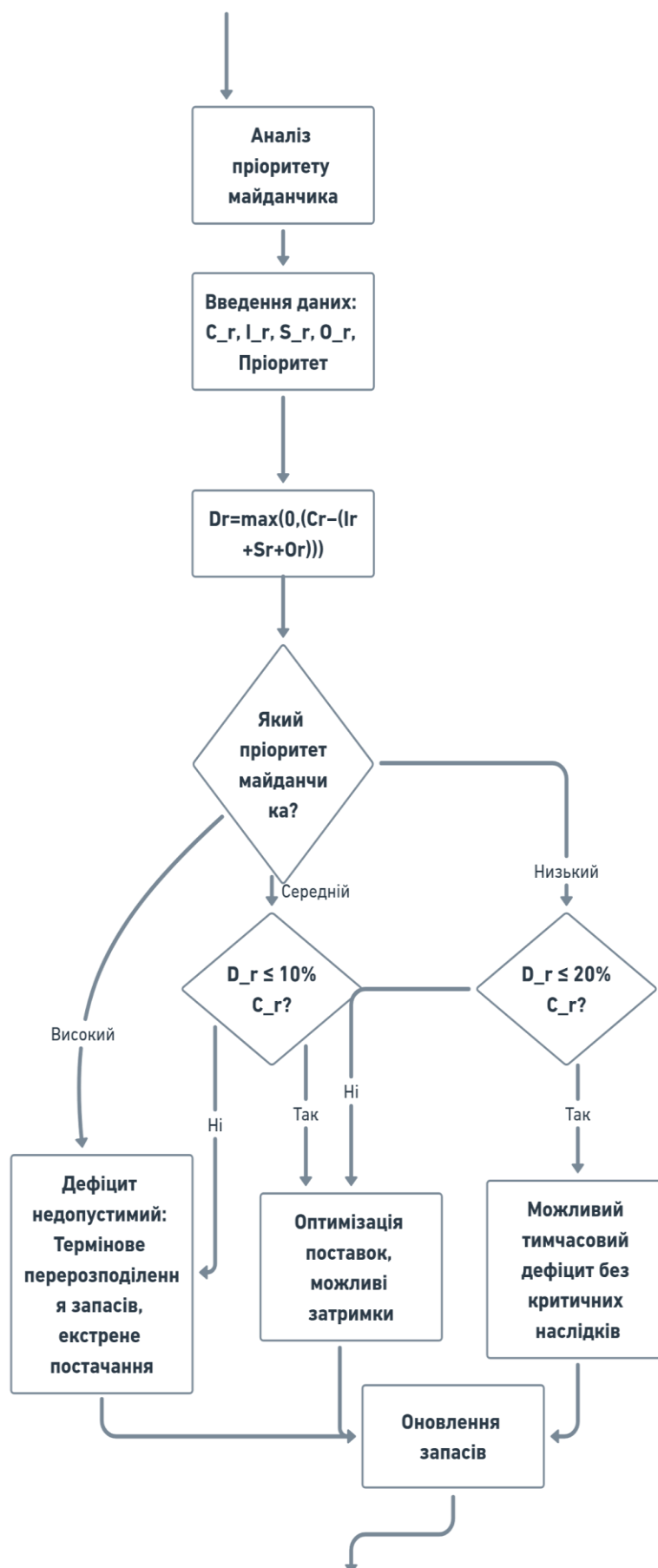
- Низький пріоритет: коефіцієнт запасу $Z = 1.0$, без сезонного коригування ($P_r = 0\%$). Запаси підтримуються на мінімальному рівні, можливі короткострокові нестачі без значних наслідків.

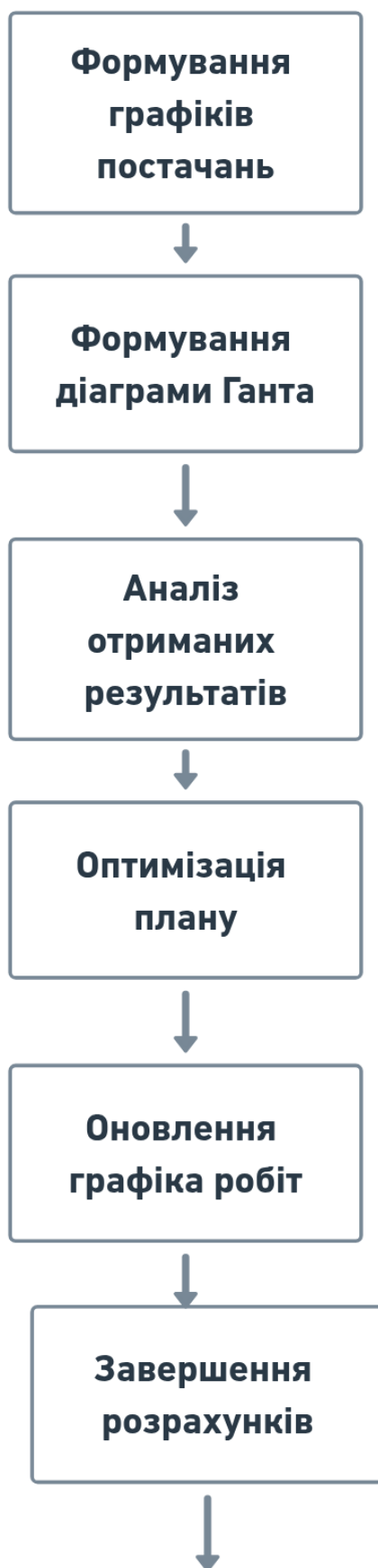














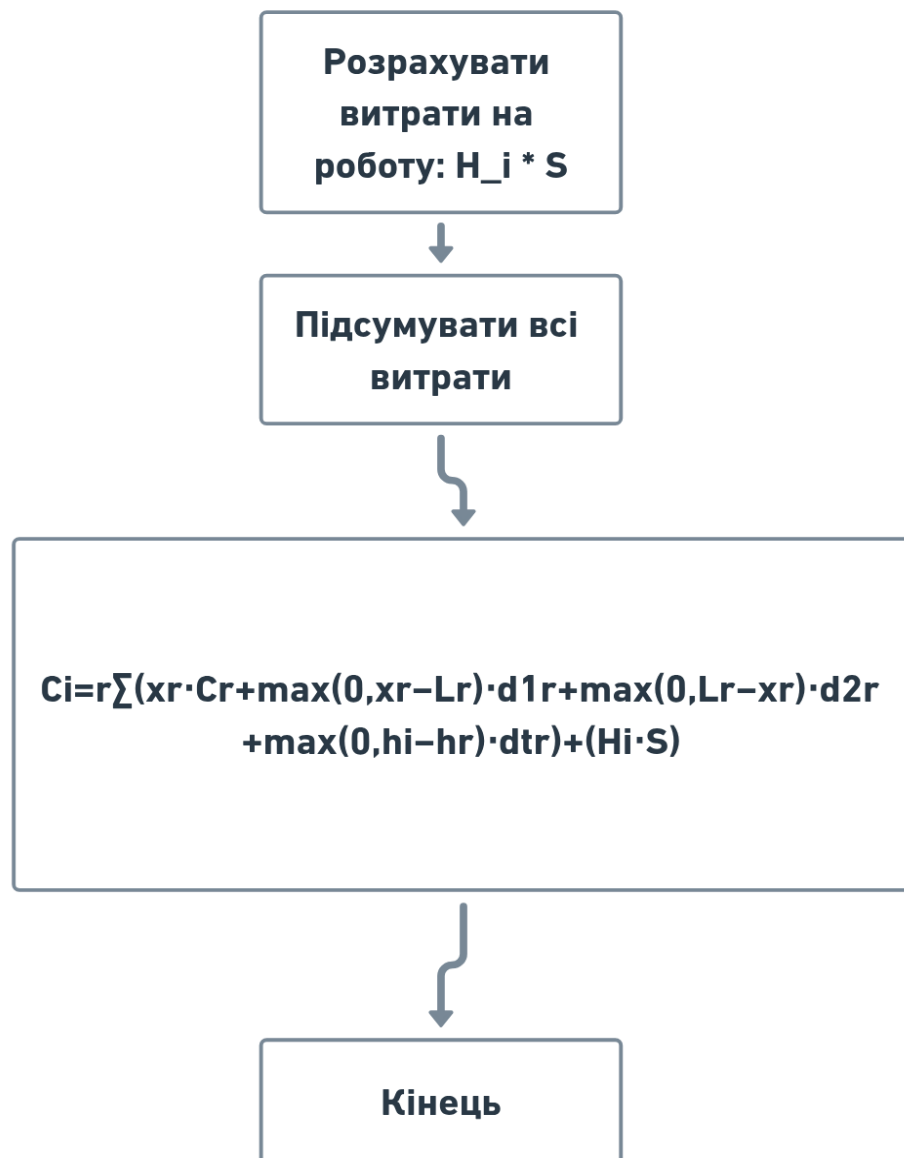


Рисунок 3.9 – Зведена блок-схема математичного інструментарію алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації організаційних процесів у будівництві

Математичний інструментарій алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації організаційних процесів у будівництві має чітку структуру, логічну послідовність і є придатним для впровадження в сучасні цифрові платформи управління будівництвом. Науковий підхід до постановки задачі забезпечує методологічну обґрунтованість та практичну доцільність запропонованого рішення [7; 8].

Висновки по розділу 3

У сучасних умовах інтенсифікації будівельної діяльності, що супроводжується підвищенням складності технологічних процесів будівельних проєктів, виникає потреба в науково обґрунтованих методах управління ресурсами. Ефективність реалізації будівельного проєкту значною мірою залежить від здатності системи логістичного забезпечення оперативно реагувати на зміни у зовнішньому та внутрішньому середовищі. Таким чином, необхідним є застосування формалізованих математичних моделей, які здатні інтегрувати економічні, часові, логістичні, ймовірнісні та організаційні параметри з метою оптимізації рішень.

Будівельна галузь характеризується наявністю великої кількості взаємопов'язаних процесів, для яких характерна ресурсна залежність та обмеженість строків. У зв'язку з цим ключовим є завдання забезпечення безперебійного постачання матеріалів, устаткування та трудових ресурсів з урахуванням можливих коливань попиту, ризиків затримок та інших дестабілізуючих чинників. Наукове осмислення цієї проблематики дозволяє розробити математичну модель, що забезпечує структуроване представлення взаємозв'язків між основними параметрами ресурсного забезпечення проєкту.

У результаті проведеного дослідження було розроблено математичний інструментарій алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації організаційних процесів, який дозволяє охопити фундаментальні аспекти економічної ефективності, ризик-менеджменту та логістичної стійкості. Інструментарій враховує взаємозв'язки між витратами на ресурси, штрафами за дефіцит чи надлишок, втратами від затримок, трудовими витратами, а також потребою в страхових запасах.

Ключовими результатами моделювання є:

- створення універсальної структури математичних блоків, яка дозволяє адаптувати модель до умов конкретного будівельного проєкту;
- формалізація функції загальної вартості як об'єкта оптимізації з урахуванням стохастичних змінних;
- побудова алгоритмів прогнозування дефіциту та оцінки рівня ризиків забезпечення;
- розроблення формул для визначення оптимального обсягу замовлень у межах фіксованих логістичних інтервалів;
- визначення критичних точок впливу на ресурсну безперервність і обґрунтування використання страхового запасу як буферної зони стабільності.

Запропоноване моделювання впровадженню в інформаційні системи управління. Це дозволяє автоматизувати обчислення, візуалізувати результати, мінімізувати вплив людського фактору та підвищити ефективність системи прийняття рішень на всіх етапах життєвого циклу проєкту.

Інтеграція математичної моделі в цифрові інструменти відкриває можливості для впровадження адаптивних стратегій управління, що є необхідною умовою ефективного функціонування будівельного підприємства в умовах нестабільного ринку та високої конкуренції.

РОЗДІЛ 4

ВПРОВАДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНОГО МАТЕМАТИЧНОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ АЛГОРИТМІЧНО-КРИТЕРІАЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРИЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ

4.1 Ініціювання автоматизованого обчислення оптимізаційної задачі організації будівельного виробництва з використанням генетичного алгоритму

У сучасних умовах інтенсивного розвитку будівельної галузі, що супроводжується збільшенням масштабів будівництва, ускладненням технологічних процесів, жорсткістю нормативно-правового регулювання та зростанням вимог до якості і швидкості реалізації проєктів, актуалізується необхідність пошуку ефективних методів організації будівельного виробництва. Серед широкого спектру методів, що використовуються для вирішення задач організаційного планування, особливу увагу привертає застосування методів штучного інтелекту, зокрема генетичних алгоритмів, які демонструють високу адаптивність до складних, багатофакторних, слабоформалізованих задач, характерних для будівельної сфери. Генетичний алгоритм, як еволюційний метод оптимізації, дозволяє ефективно розв'язувати задачі комбінаційного характеру, що не піддаються класичним методам оптимізації, та забезпечує наближення до глобального оптимуму в умовах численних обмежень і варіативності параметрів [72; 93].

Оптимізаційна задача організації будівельного виробництва передбачає пошук найкращої комбінації рішень щодо розподілу трудових, матеріальних, технічних ресурсів та часових інтервалів у межах заданого плану виконання будівельно-монтажних робіт. Враховуючи багаторівневу структуру

будівельного процесу, значну кількість обмежень (логічні, технологічні, просторові, економічні), а також залежність між етапами виконання робіт, класичні методи оптимізації, як правило, виявляються неефективними. Водночас, генетичні алгоритми здатні забезпечити ефективне вирішення задач цього класу шляхом імітації будівельного. Ініціювання автоматизованого обчислення такої задачі передбачає розробку відповідної формалізованої моделі, визначення вхідних параметрів, встановлення обмежень та критеріїв оптимальності, а також реалізацію алгоритмічного забезпечення процесу обчислень у вигляді програмного модуля [24; 72; 93].

Формалізація задачі організації будівельного виробництва, адаптованої до застосування генетичного алгоритму, передбачає створення математичної моделі, у якій окремі будівельні процеси представлені як елементи системи, а сама система – як послідовність робіт з прив'язкою до відповідних ресурсів та часових рамок. У такій моделі особина (одне можливе рішення) визначається комбінацією параметрів, що характеризують розміщення ресурсів у часі та просторі. Функція, що оцінює якість системи, може бути сформульована як мінімізація загальних витрат на реалізацію проєкту або як мінімізація загального часу виконання робіт за умови дотримання всіх технологічних та логістичних обмежень. Залежно від специфіки проєкту, можуть також враховуватися критерії мінімізації простоїв техніки, максимального використання продуктивності бригад, рівномірності завантаження ресурсів тощо [72; 93].

Процес ініціювання автоматизованого обчислення передбачає реалізацію наступних етапів. Першим кроком є побудова вхідної інформаційної бази, яка включає перелік робіт, тривалість виконання кожної роботи, перелік доступних ресурсів, матрицю пріоритетів та залежностей між роботами, нормативні обмеження щодо ресурсного забезпечення. Далі здійснюється генерація початкової популяції можливих рішень, яка є стартовим набором.

Автоматизація обчислень передбачає розробку відповідного програмного забезпечення, яке включає модуль завантаження вихідних даних, блок реалізації алгоритмів генерації, механізм контролю обмежень, а також модуль візуалізації результатів. Застосування сучасних мов програмування та бібліотек штучного інтелекту дозволяє досягти високого рівня гнучкості та продуктивності обчислень. Для підвищення швидкодії можуть застосовуватись методи паралельної обробки, зокрема, багатопотокове виконання обчислень на багатоядерних процесорах або використання графічних процесорів (GPU) [72; 86; 89; 93].

Окремої уваги заслуговує питання адаптації генетичного алгоритму до особливостей організаційно-технологічних процесів будівництва. Зокрема, необхідно враховувати специфіку ресурсного забезпечення, часову незмінність деяких робіт (наприклад, бетонування, яке неможливо призупинити), технологічні перерви, сезонні обмеження, черговість виконання, залежність робіт від зовнішніх факторів (постачання матеріалів, погодні умови). Усі ці аспекти потребують розробки відповідних обмежень у структурі функції або застосування механізмів штрафних коефіцієнтів [72; 93].

Дослідження ефективності застосування генетичного алгоритму для вирішення задач організації будівельного виробництва проводяться з використанням методів комп'ютерного моделювання на базі реальних проєктів. Результати моделювання демонструють суттєве зниження загальних витрат, скорочення термінів реалізації, зменшення кількості конфліктів у графіку робіт та підвищення ефективності використання ресурсів. При цьому, завдяки здатності алгоритму адаптуватися до змін вхідних даних, забезпечується висока гнучкість системи планування, що є важливим у реальних умовах постійно змінюваного середовища будівельного майданчика.

У структурі ініціювання автоматизованого обчислення в рамках моделювання організаційних рішень будівельного виробництва важливим етапом є калібрування та валідація моделі. Калібрування передбачає

налаштування внутрішніх параметрів генетичного алгоритму, які впливають на ефективність обчислювального процесу. Зокрема, здійснюється підбір кількості ітерацій, чисельності оброблюваних варіантів рішень, а також налаштування механізмів генерації та відбору нових комбінацій управлінських дій. Валідація моделі проводиться шляхом зіставлення результатів обчислень із фактичними даними реалізованих будівельних проєктів або за допомогою експертної оцінки з урахуванням галузевої специфіки. Для підвищення достовірності та релевантності результатів моделювання доцільним є залучення фахівців інженерно-технічного профілю, що дає змогу точніше врахувати особливості конкретного будівельного об'єкта та умов його реалізації.

Однією з переваг генетичного підходу є можливість інтеграції з іншими інтелектуальними методами, зокрема нечіткою логікою, імітаційним моделюванням, методами машинного навчання, що відкриває нові перспективи для підвищення ефективності автоматизованого планування будівництва. Наприклад, у разі інтеграції з нейронними мережами можна реалізувати механізми попереднього прогнозування продуктивності бригад або потреби в ресурсах. Нечітка логіка дозволяє гнучко описати нечітко визначені параметри та критерії (наприклад, «висока завантаженість техніки» або «помірна затримка постачання»), що підвищує адаптивність моделі до реальних умов [72; 88; 93].

Узагальнюючи вищенаведене, можна стверджувати, що ініціювання автоматизованого обчислення оптимізаційної задачі організації будівельного виробництва на основі генетичного алгоритму є перспективним напрямом інтелектуалізації управлінських процесів у будівельній галузі. Це дозволяє не лише підвищити якість планування, знизити витрати та скоротити терміни реалізації проєктів, але й створює передумови для формування адаптивної, гнучкої та стійкої до зовнішніх змін системи управління будівельним виробництвом. У цьому контексті особливого значення набуває міждисциплінарна взаємодія між спеціалістами з будівництва, програмування,

математичного моделювання та логістики, що забезпечує всебічну реалізацію концепції цифрової трансформації у сфері будівництва [25; 72; 93].

З точки зору подальших досліджень, перспективними напрямками розвитку даного підходу є: розширення функціоналу моделей за рахунок урахування ризиків, обслуговування невизначеності та випадковості у вихідних даних; інтеграція в хмарні сервіси для підвищення доступності і зручності використання на будівельних майданчиках; розробка мобільних застосунків для оперативного управління на місцях; використання цифрових двійників будівельних об'єктів для візуалізації сценаріїв розвитку подій.

Вище зазначене демонструємо за допомогою розробленого програмного продукту «BuildEstimator» застосовуємо на реальному проєкті «Будівля посольства на вул. Чернишевського, 26 у м. Дніпро» (м. Дніпро, вул. Чернишевського, 26. Будівництво 3-х поверхової будівлі посольства) (реальний кошторис надано в Додатку В).

1. Створюємо перелік доступних матеріалів і обладнання, які використані у роботах.

	Id	Name	Unit	Type
▶	1	Цемент	кг	Material
	2	Руберойд підкладний	м2	Material
	3	Дошки необрізні з хв...	м3	Material
	4	Мастика бітумна пок...	т	Material
	5	Цвяхи будівельні 1,6х...	т	Material
	6	Панелі перекриття П...	шт	Material
	7	Плитки керамічні гла...	м2	Material
	8	Блоки бетонні для сті...	шт	Material
	9	Щити опалубки 40 мм	м2	Material
	10	Бітуми нафтові доро...	т	Material
	11	Леталі кріплення рей...	т	Material

Рисунок 4.1 - Скрін: Вікно «Управління ресурсами» Заповнення бази постачальників

Це вікно відкривається через меню Ресурси → Ресурси.

Користувач може:

- додати новий ресурс, задавши назву, одиницю вимірювання та тип (наприклад, Material або Transport);
- редагувати або видалити обраний ресурс із таблиці;
- скористатись кнопкою «Відчистити» для скидання полів вводу.

Нижня таблиця відображає всі наявні ресурси у проєкті з їх ID, назвою, одиницею вимірювання та типом.

Цей інтерфейс призначений для базового обліку всіх матеріалів та техніки, що використовуються у задачах та замовленнях.

2. Заповнюємо бази постачальників

Додаються постачальники з контактами та прив'язкою до ресурсів, які вони можуть постачати, з цінами, строками доставки і запасами.

Id	Name	Phone	Email	ResourceCount
1	База постачан...	111-111	base1@exampl...	15
2	База постачан...	222-222	base2@exampl...	8
3	База постачан...	333-333	base3@exampl...	18
4	База постачан...	444-444	base4@exampl...	15

Ресурс	Вартість (грн/од.)	Термін постачання (дн.)	Доступний запас
Цемент	100.00	3	0

2	Руберойд підкладний	215.73 грн	4 дн	639.0 м2
8	Блоки бетонні для стін підвалів марки ФБС 24.6.6-T	167.82 грн	6 дн	91.0 шт
15	Панелі перекриття з/б багатопустотні ПК42.15-8T	256.18 грн	6 дн	679.0 шт
16	Мастика морозостійка бітумно-масляна	313.19 грн	6 дн	529.0 т
20	Руберойд покрівельний	349.84 грн	13 дн	356.0 м2
21	Розчин готовий кладковий важкий, марка М100	289.22 грн	11 дн	698.0 м3
32	Папір шліфувальний	14.16 грн	11 дн	297.0 м2

Рисунок 4.2 - Скрін : Вікно «Постачальники»

Це вікно відкривається через меню Ресурси → Постачальники.

Користувач може:

- додати, редагувати або видалити постачальника (назва, телефон, email);

- переглянути таблицю постачальників з кількістю ресурсів кожного;
- додати до постачальника конкретні ресурси з вказанням:
 - ціни (вартість за одиницю),
 - терміну постачання (днів),
 - доступного запасу.

У нижній частині відображається перелік ресурсів, доступних у цього постачальника з розрахованою ціною, термінами та обсягами.

Це головний інструмент для управління постачальниками та їх матеріально-технічними можливостями.

3. Створення нового проєкту

Вказується назва нашого проєкту, строки виконання, замовник, а також параметри управління ризиками: штрафи і коефіцієнт страхового запасу.

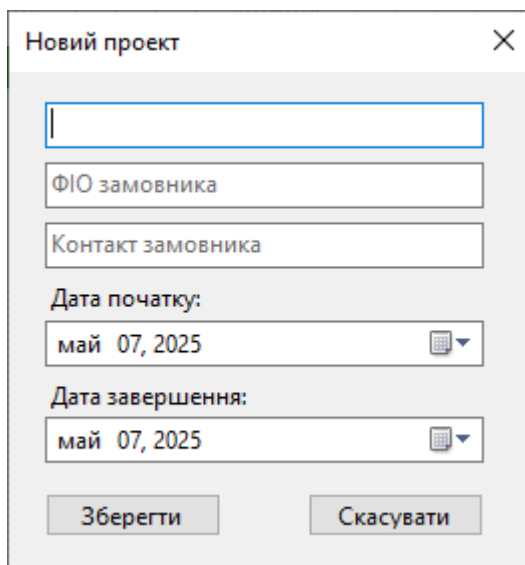


Рисунок 4.3 - Скрін: Вікно «Новий проєкт»

Це вікно відкривається при виборі пункту меню Файл → Новий проєкт.

Користувач може:

- ввести назву проєкту;
- зазначити ПІБ та контактну інформацію замовника;
- встановити дату початку та завершення проєкту.

Кнопки «Зберегти» і «Скасувати» дозволяють підтвердити або відмінити створення нового проєкту. Це початковий етап формування структури будівельного плану.

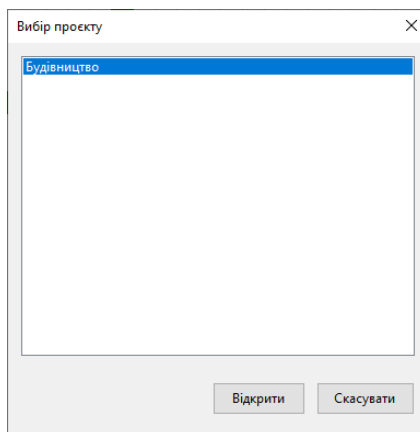


Рисунок 4.4 - Скрин: Вікно вибору проєкту

Це вікно з'являється при виборі пункту Файл → Відкрити.

Користувач бачить список збережених проєктів і може:

- вибрати потрібний проєкт зі списку;
- натиснути «Відкрити» для завантаження;
- або «Скасувати» для повернення без змін.

Це базовий механізм для відновлення раніше створеного проєкту.

Рисунок 4.5 – Скрін: Вікно «Редагування проєкту»

Це вікно відкривається через меню Проект → Налаштування проекту.

Користувач може змінити:

- Назву проекту, замовника та контактну особу;
- Дати початку і завершення;
- Значення штрафу за дефіцит і надлишок ресурсів;
- Коефіцієнт страхового запасу, який впливає на обсяг резерву для всіх матеріалів.

Нижні кнопки дозволяють зберегти, скасувати зміни або видалити проект.

Це основне вікно для налаштування загальних параметрів проекту.

4. Створення робіт

Формується список робіт які будуть виконуватися у кожній задачі

	Id	Cipher	Name	Unit
▶	1	КБ1-38-2	Зрізування недобору ...	1000м³
	2	КБ1-30-2	Планування площ бул...	1000м²
	3	КБ1-12-8	Розроблення ґрунту у ...	1000м³
	4	КБ1-17-8	Розроблення ґрунту з ...	1000м³

Рисунок 4.6 – Скрін: Вікно «Управління видами робіт»

5. Створення задач

Формується список задач з назвами, описами, датами виконання, трудовитратами та переліком необхідних ресурсів.

Рисунок 4.7 - Скрін: Вікно «Додати задачу»

Це вікно відкривається через меню **Проект** → **Додати задачу**.

Користувач може:

- вказати назву, опис, дати початку та завершення;
- задати кількість годин роботи, ставку оплати та штраф за затримку;
- додати необхідні ресурси із зазначенням загальної та щоденної кількості.

Кнопки:

- «Додати ресурс» — додає ресурс до задачі;
- «Змінити» — редагує обраний ресурс;
- «Видалити» — прибирає ресурс;
- «Додати задачу» — зберігає задачу;
- «Скасувати» — закриває вікно без змін.

Це ключовий елемент для створення етапів будівництва з урахуванням трудовитрат і споживання матеріалів (відомість ресурсів).

Перегляд задачі

Назва задачі:

Опис:

Початок: Завершення:

Робота	Обсяг роботи	Вартість за од. (грн)	Трудовитрати на од. (люд./год)	Заробітна плата (грн)
КБ7-45-6	4.2600	105084.04	131.230	131.16

Укладання панелей перекриття з обпіранням на дві сторони площею до 10 м² [для сейсмічних районів] — 4.26 од. × 131.23 год. × 131.16 грн
 Укладання бетонної суміші в конструкції бетономассами: перекриття безбалочні — 0.355 од. × 332.32 год. × 332.48 грн

Додати Змінити Видалити

Ресурс

Ресурс	Кількість	Щоденне споживання
Панелі перекриття з/б ПК42.18-8Т серія 1.1	5.0000	1.00

Панелі перекриття з/б ПК42.18-8Т серія 1.141-1 вип.60 - 5 шт. 1/день
 Панелі перекриття з/б ПК42.15-8Т серія 1.141-1 вип.60 - 3 шт. 1/день
 Портландцемент загальнобудівельного призначення, марка 400 - 2 т. 1/день
 Екскаватори одноковшеві дизельні на гусеничному ході, місткість ковша 0,65 м³ - 1 маш.-год. 1/день

Додати Змінити Видалити

Загальна вартість: 668047.26 грн

З них заробітної плати: 676.77 грн Факт. людино-годин: 677.01 люд./год.

Графік поставок Оновити Видалити Скасувати

Рисунок 4.8 Скрін: Вікно «Перегляд задачі» (редагування)

Це вікно відкривається при натисканні на зелену плашку на діаграмі Ганта.

Є можливість:

- змінити назву, опис, дати початку і завершення задачі;
- вказати кількість годин, ставку оплати праці та штрафи;
- переглянути і змінити необхідні ресурси із зазначенням обсягів, одиниць вимірювання і темпів споживання;
- побачити розраховану загальну вартість задачі та вартість лише трудової частини.

Доступні дії: оновити або видалити задачу. Це головне вікно для редагування всіх параметрів роботи.

6. Візуалізація графіка проєкту

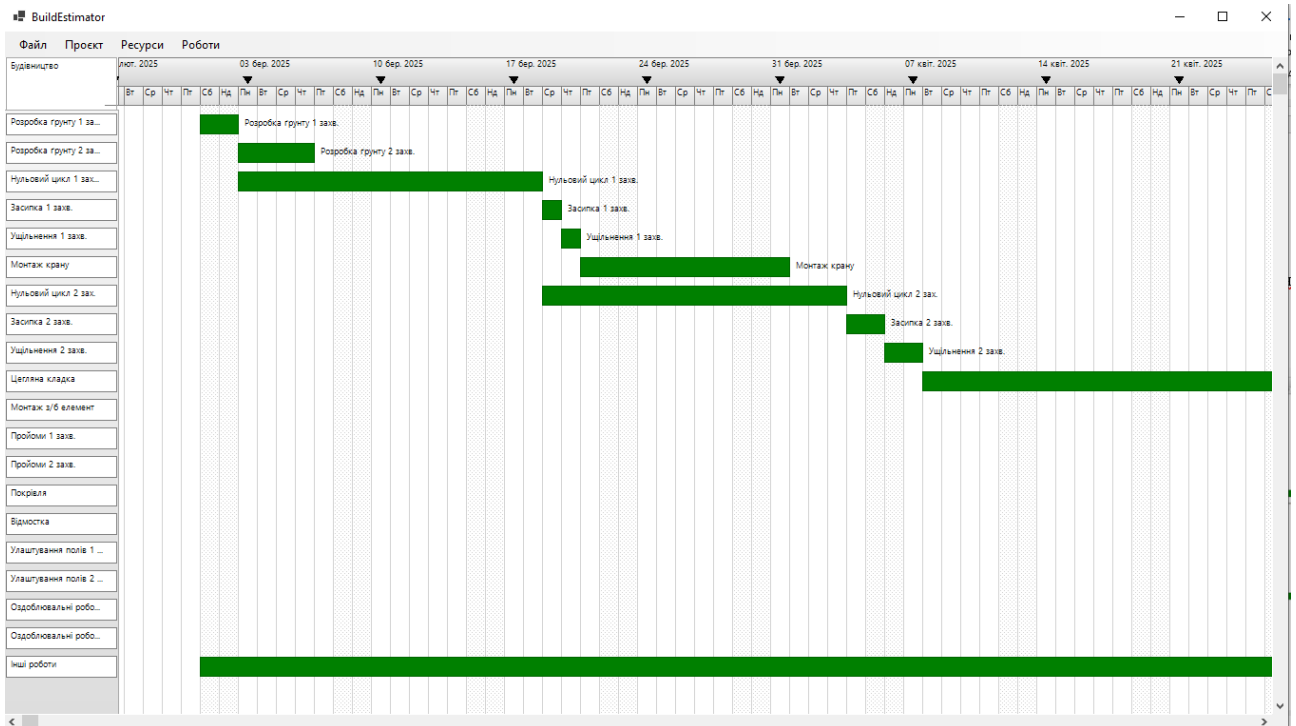


Рисунок 4.9 - Скрін: Головне вікно з діаграмою Ганта

Усі задачі автоматично відображаються на діаграмі Ганта з можливістю відкриття задач натисканням на зелені плашки.

Діаграма Ганта є одним з ключових інструментів візуалізації будівельних робіт. Вона дозволяє чітко планувати та контролювати виконання завдань у межах проєкту. За допомогою діаграми Ганта можна зручно представити послідовність будівельних етапів, терміни їх виконання, а також залежності між завданнями.

На основі наведеної схеми, управління будівельними роботами здійснюється через систему, яка враховує завдання, ресурси, склад, постачальників та замовлення. Кожен проєкт містить перелік завдань із визначеними строками виконання, розрахованими трудовитратами та ресурсними витратами.

Використання діаграми Ганта в контексті цієї системи дозволяє:

- відстежувати прогрес виконання робіт;

- планувати потреби в ресурсах на основі етапів проєкту;
- формувати замовлення з урахуванням часу постачання;
- своєчасно реагувати на затримки або нестачу ресурсів;
- виявляти критичні шляхи та вузькі місця у графіку

На скріншоті видно діаграму Ганта з панеллю задач і календарною сіткою. У верхній частині розміщено меню управління, яке відкриває доступ до всіх функцій програми:

- Файл:
 - Новий проєкт — створення нового проєкту;
 - Відкрити — завантаження наявного проєкту з файлу;
 - Вихід — закриття програми.
- Проєкт:
 - Додати задачу — відкриття вікна створення нової роботи;
 - Склад — перегляд поточних залишків матеріалів;
 - Замовлення — створення та редагування поставок;
 - Графіки по ресурсам — перегляд споживання ресурсів у вигляді графіка;
 - Розрахунок проєкту — автоматичний підрахунок вартості, дефіциту, залишків;
 - Налаштування проєкту — зміна назви, замовника, строків.
- Ресурси:
 - Постачальники — редагування постачальників ресурсів;
 - Ресурси — додавання/редагування доступних матеріалів та техніки.
- Центральна частина — діаграма Ганта, де кожна зелена плашка відображає окрему задачу та її тривалість у часі.
 - При натисканні на зелену плашку (а не на назву задачі) відкривається вікно редагування задачі. Користувач може змінити:
 - дату початку та завершення,
 - витрати ресурсів,

- трудозатрати,
- пріоритет.

Цей функціонал дозволяє швидко вносити зміни в задачі без пошуку їх у списку, напряду з діаграми.

7. Список в наявності ресурсу проекту (склад)

Система автоматично формує замовлення на основі дефіциту і страхового запасу. Доступний перегляд списку забезпечення з деталями.

■ Склад проекту

Назва ресурсу	Одиниця	На складі	Резерв
Рубероїд підкладний з пиловидн...	м ²	171.5	73.95
Бульдозери, потужність 59 кВт [8...	маш.-год	336.0	348.0
Арматура СТ-3 діаметром 10 мм	т	178.17	202.17
Блоки бетонні для стін підвалів ...	шт	476.0	540.0
Котки дорожні самохідні на пнев...	маш.-год	238	240
Щити опалубки, ширина 300–750...	м ²	327	360
Цегла керамічна одинарна повн...	1000шт	10000	12000
Розчин готовий кладковий важкий	м ³	1000	1200
Панелі перекриття 3/6 ПК42.18-8...	шт	100	120
Панелі перекриття 3/6 ПК42.15-8...	шт	100	120
Перемички 3/6 марки 10ПБ18-27...	шт	248.27	306.27
Мастика клеюча каучукова КН-2	кг	68	120
Лінолеум полівінілхлоридний ба...	м ²	136	240
Паркет мозаїчний з деревини ду...	м ²	136	240
Плитки цементно-піщані для тр...	м ²	330	360
Мастика токопровідна будівельн...	кг	32.0	60.0
Паркет штучний з деревини дуба	м ²	64	120

Рисунок 4.10 - Скрін:: Вікно «Склад»

Це вікно відкривається через меню Проект → Склад

Користувач бачить таблицю з усіма ресурсами, які використовуються в проекті. Для кожного ресурсу вказано:

- назву та одиницю вимірювання;
- кількість на складі;
- обсяг резерву (страхового запасу);

Цей екран дозволяє аналізувати залишки матеріалів і техніки, оцінювати готовність проекту до виконання задач без затримок.

8. Список забезпечення проекту

Список замовлень								
	ID	Проект	Задача	Постачальник	Ресурс постачальника	Кількість	Дата замовлення	Очікувана дата доставки
▶	1	Проект 1	Розробка ґрунту 1 з	База постачання 4	Екскаватори одноковшеві ди...	8	4/25/2025	5/1/2025
	2	Проект 1	Розробка ґрунту 1 з	База постачання 1	Бульдозери, потужність 79 кВ...	4	4/29/2025	5/1/2025
	3	Проект 1	Нульовий цикл 1 за	База постачання 4	Екскаватори одноковшеві ди...	112	4/28/2025	5/4/2025
	4	Проект 1	Нульовий цикл 1 за	База постачання 1	Бульдозери, потужність 79 кВ...	86	5/2/2025	5/4/2025
	5	Проект 1	Нульовий цикл 1 за	База постачання 4	Автобетононасоси, продукти...	37.5	4/30/2025	5/4/2025
	6	Проект 1	Нульовий цикл 1 за	База постачання 2	Бетон В15 (М200)	187.5	4/25/2025	5/4/2025
	7	Проект 1	Нульовий цикл 1 за	База постачання 3	Цемент для розчину	18.75	4/30/2025	5/4/2025
	8	Проект 1	Нульовий цикл 1 за	База постачання 4	Арматура СТ-3 діаметром 30 ...	4.5	4/21/2025	5/4/2025
	9	Проект 1	Нульовий цикл 1 за	База постачання 4	Арматура СТ-3 діаметром 8 ...	1.875	4/23/2025	5/4/2025
	10	Проект 1	Нульовий цикл 1 за	База постачання 3	Щити опалубки 40 мм	375	4/21/2025	5/4/2025
	11	Проект 1	Нульовий цикл 1 за	База постачання 3	Вапно будівельне негашене г...	3.75	4/27/2025	5/4/2025
	12	Проект 1	Нульовий цикл 1 за	База постачання 3	Ґрунтовка бітумна	0.9375	5/1/2025	5/4/2025
	13	Проект 1	Засипка 1 захв.	База постачання 1	Пісок природний	10	5/12/2025	5/19/2025
	14	Проект 1	Засипка 1 захв.	База постачання 4	Щебінь дрібної фракції (5–20 ...	5	5/14/2025	5/19/2025
	15	Проект 1	Засипка 1 захв.	База постачання 4	Геотекстиль	30	5/16/2025	5/19/2025
	16	Проект 1	Нульовий цикл 2 зах.	База постачання 4	Екскаватори одноковшеві ди...	8	4/28/2025	5/4/2025
	17	Проект 1	Нульовий цикл 2 зах.	База постачання 1	Бульдозери, потужність 79 кВ...	6	5/2/2025	5/4/2025
	18	Проект 1	Нульовий цикл 2 зах.	База постачання 4	Автобетононасоси, продукти...	2.5	4/30/2025	5/4/2025

Рисунок 4.11 - Скрин: Вікно «Список забезпечення» (відповідає відомості ресурсів)

Це вікно відкривається через меню Проект → Список забезпечення.

Користувач бачить перелік усіх активних замовлень у межах проекту. У таблиці відображаються:

- ID, назва проекту та пов'язана задача;
- Постачальник і ресурс, який він має доставити;
- Кількість, дата замовлення та очікувана дата доставки.

Цей інтерфейс дозволяє відслідковувати всі поставки матеріалів і техніки по задачах, а також перевіряти терміни надходження ресурсів для запобігання затримкам.

Список забезпечення проекту система сама автоматично формує замовлення на основі дефіциту і страхового запасу. Доступний перегляд списку забезпечення з деталями.

8. Перегляд графіків забезпечення

Доступні:

- графіки споживання і поставок по кожному ресурсу;
- графіки по задачах (баланс запасів);
- порівняння з порогом страхового запасу.

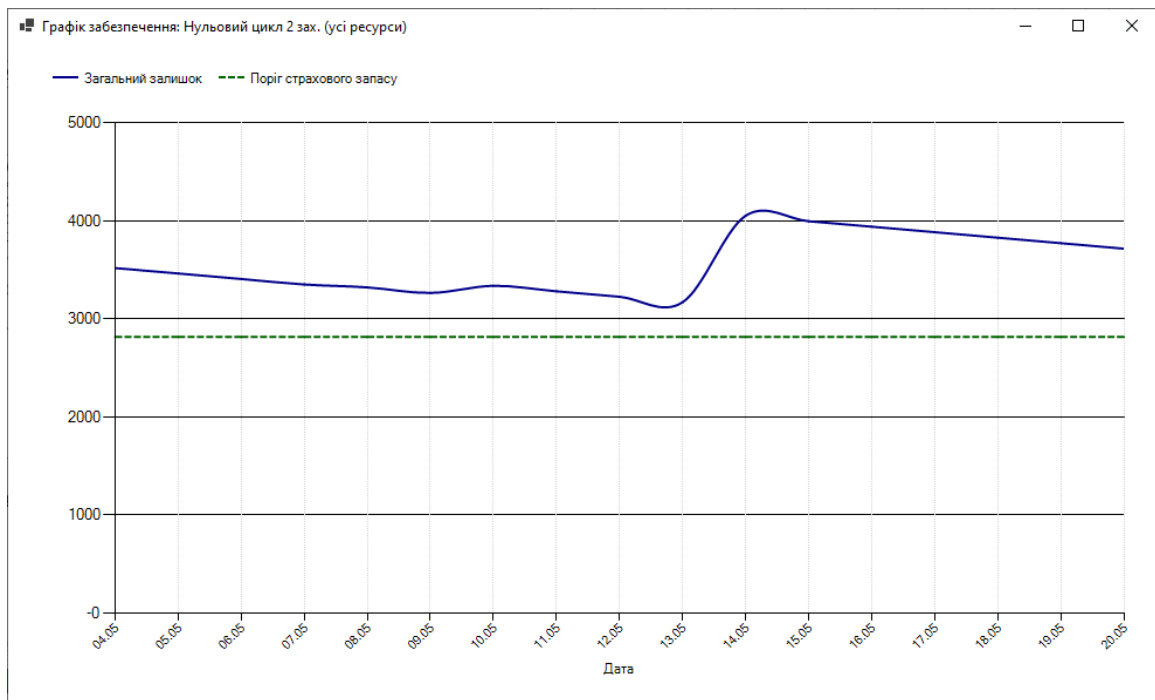


Рисунок 4.12 - Скрін: Графік забезпечення задачі

На графіку відображено зміну загального запасу ресурсів у задачі протягом декількох днів:

- Синя лінія — динаміка загального запасу ресурсів;
- Зелена пунктирна лінія — поріг страхового запасу.

Видно, що запас не лише не опускається нижче порогу, а й поступово зростає — це свідчить про повну безперебійність поставок і відсутність ризику дефіциту.

9. Аналіз проєкту

Це вікно відкривається через меню Проєкт → Розрахунок проєкту.

Виконується автоматичний розрахунок:

- вартості проєкту;
- загальних трудових витрат;
- штрафів;
- дефіцитів по ресурсах;
- та побудова таблиць аналізу.

Сводка по проекту: Капітальний ремонт

Загальна вартість проєкту: 85,959,348.28 ₴

Сумарна вартість замовлень: 60,171,543.80 ₴

Загальні трудові витрати: 108,667.82 люд./год

Забезпечення ресурсами

	Id	Постачальник	Ресурс	Кількість	OrderDate	ExpectedDeliveryDate	Status	Страховий
►	1	База постачання 4	Екскаватори одн...	8	2/26/2025	3/1/2025	Delivered	Hi
	2	База постачання 3	Бульдозери, пот...	4	2/24/2025	3/1/2025	Delivered	Hi
	3	База постачання 2	Автомобілі борт...	6	2/24/2025	3/1/2025	Delivered	Hi
	4	База постачання 4	Пісок природни...	10	2/18/2025	3/1/2025	Delivered	Hi
	5	База постачання 2	Портландцемен...	2	2/15/2025	3/1/2025	Delivered	Hi
	6	База постачання 2	Бульдозери, пот...	12	2/20/2025	3/3/2025	Delivered	Hi
	7	База постачання 4	Пісок природни...	14	2/20/2025	3/3/2025	Delivered	Hi
	8	База постачання 2	Портландцемен...	2	2/17/2025	3/3/2025	Delivered	Hi

Ресурси у дефіциті

	Аналіз	Ресурс	Одиниця	Запас	Страховий	Недостача	ШтрафДефіцит	ШтрафНадлишок
►	Графік	Цегла керамічна...	1000шт	10000	12000	2000	150	100.00
	Графік	Розчин готовий ...	м³	1000	1200	200	150	100.00
	Графік	Лінолеум поліві...	м²	136	240	104	150	100.00
	Графік	Паркет мозаїчни...	м²	136	240	104	150	100.00
	Графік	Блоки бетонні д...	шт	476.0	540.0	64.0	150	100.00
	Графік	Перемички 3/6 ...	шт	248.27	306.27	58.00	150	100.00
	Графік	Паркет штучний...	м²	64	120	56	150	100.00
	Графік	Мастика клеюча...	кг	68	120	52	150	100.00
	Графік	Плитки кераміч...	м²	192	240	48	150	100.00

Рисунок 4.13 - Скрин: Вікно «Зведення по проєкту»

У верхній частині користувач бачить:

- Загальні трудові витрати;
- Сумарну вартість замовлень;
- Загальну вартість проєкту з урахуванням усіх складових.

Основна таблиця розбита на два блоки:

1. Список поставок — відображає ресурси, постачальників, кількість, дати замовлення і доставки, статус постачання, а також інформацію про включення в страховий запас.

2. Аналіз ресурсів — показує запаси, страховий обсяг, дефіцит, надлишок, а також пов'язані штрафи за кожен матеріал.

Це головне вікно для підсумкового аналізу економічних і логістичних параметрів проєкту.

10. Аналіз кожного ресурсу окремо

Динаміка залишків, постачань та дефіциту для кожного ресурсу з урахуванням страхового запасу;

Графік грошового споживання по ресурсах у часі.

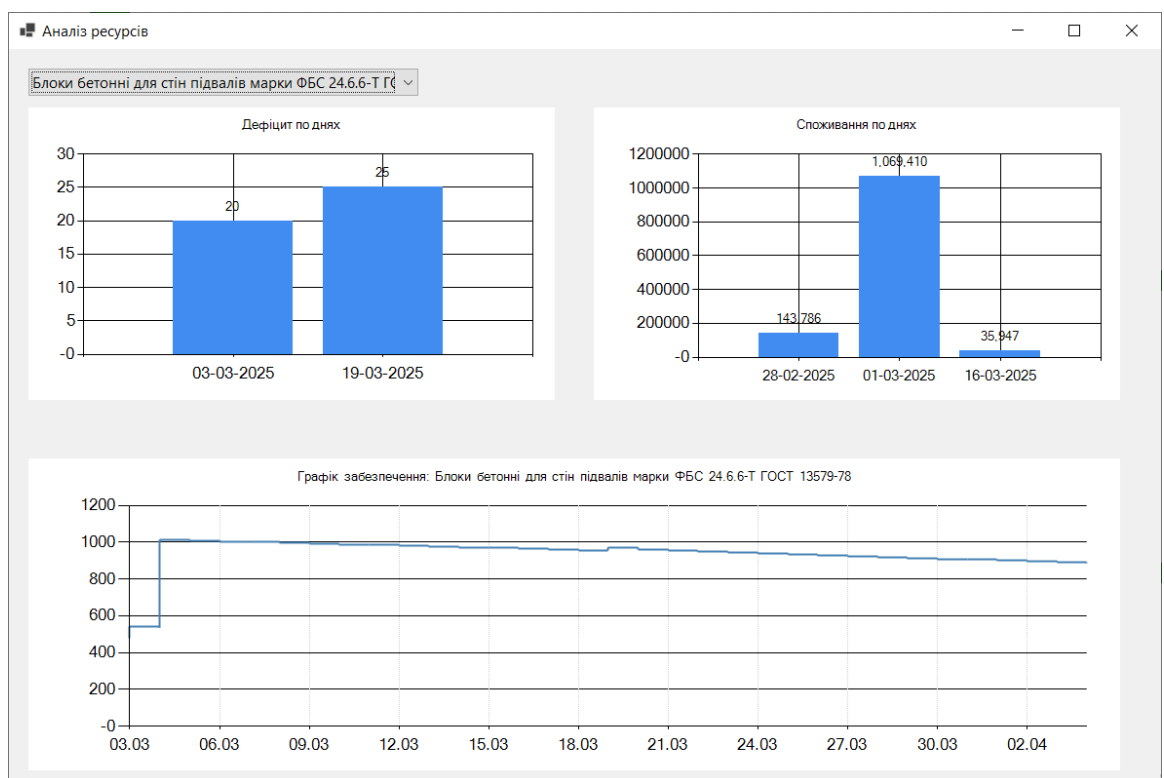


Рисунок 4.14 - Скрін: Вікно «Аналіз ресурсу»

Графік постачання: це вікно демонструє щоденну динаміку формування замовлень у рамках проєкту. Це детальне аналітичне вікно, що дозволяє оцінити стан окремого ресурсу.

Містить три блоки:

- Дефіцит по днях (верхній лівий графік) — вказує дати і величину нестачі;
- Споживання по днях (верхній правий графік) — відображає пік споживання ресурсів;
- Графік забезпечення (нижній графік) — показує залишки ресурсу в часі, включаючи постачання та витрати.

Цей інструмент дозволяє:

- виявляти критичні дати для постачання;
- прогнозувати обсяги закупівель;
- планувати графіки з урахуванням ризиків дефіциту.

11. Графік постачання

Це вікно демонструє щоденну динаміку формування замовлень у рамках проекту.

- По осі X — дати (у хронологічному порядку);
- По осі Y — кількість створених замовлень у конкретний день;

Піки на графіку сигналізують про масове створення замовлень — наприклад, у день запуску основних задач;

Це дозволяє проаналізувати навантаження на постачання та спланувати рівномірний розподіл логістичних процесів.

Цей графік демонструє динаміку замовлень протягом всього календарного періоду проекту:

-різкий пік на початку березня 2025 року свідчить про старт активної фази постачань;

- подальше зниження — результат накопичення запасів або закінчення критичних етапів;

- графік дозволяє виявити пікові навантаження на логістику та спланувати ресурсну рівномірність.

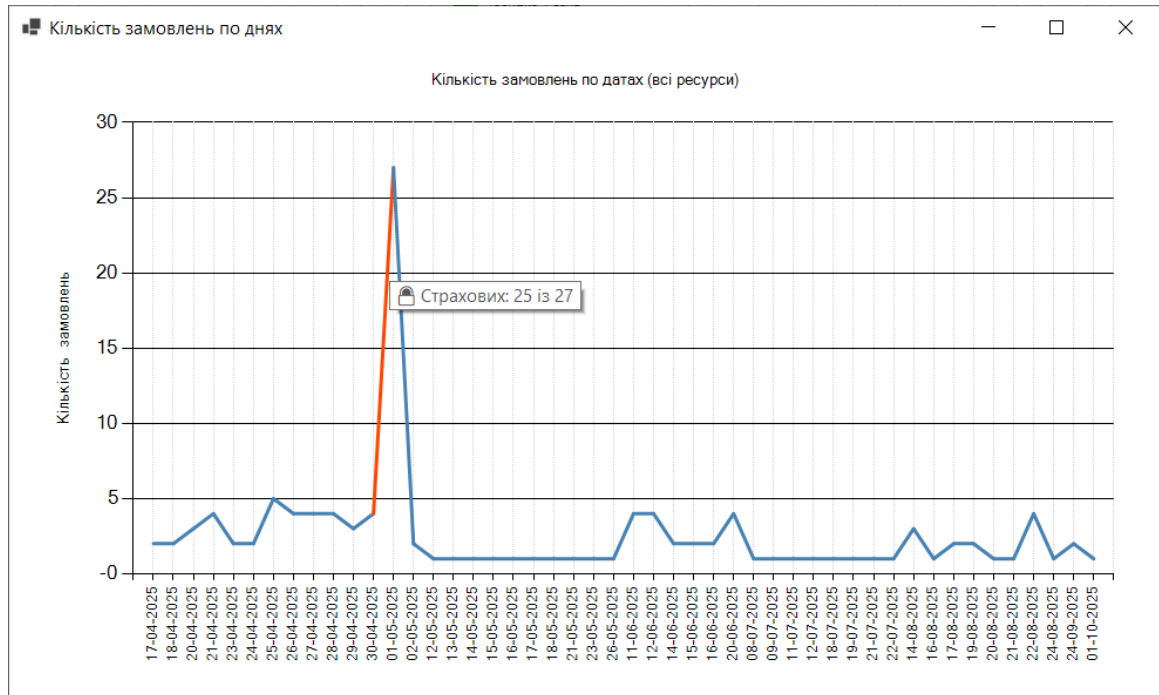


Рисунок 4.15 - Скрін: Вікно «Кількість замовлень по днях»

Таким чином, ініціювання автоматизованого обчислення оптимізаційної задачі організації будівельного виробництва з використанням генетичного алгоритму є ефективним засобом досягнення стратегічної мети – створення високопродуктивного, економічно обґрунтованого, раціонального плану будівництва, що базується на інтелектуальній обробці даних, адаптивних моделях і сучасних алгоритмах обчислювального інжинірингу. Впровадження таких підходів не лише сприяє підвищенню ефективності управління будівельними процесами, але й є складовою частиною загальної цифрової трансформації галузі, яка є актуальною тенденцією у світовій практиці сучасного будівництва.

4.2 Верифікація та аналіз показників ефективності реалізації результатів дослідження

Результативність програмного продукту розглядалася на двох рівнях – кількісному та якісному.

На кількісному рівні слід відмітити:

- достатню економію часу за рахунок автоматичного виконання рутинних робіт;
- доступність та простоту форми роботи з базами даних (БД), не на пряму, а у формі зручного інтерфейсу, який є частиною загального інтерфейсу програмного продукту;
- можливість збереження історії поставок і даних про постачальників, що дозволяє аналізувати якість і своєчасність виконання ними поставок, та за допомогою пошуково-оптимізаційних процедур приймати рішення про співпрацю з ними;
- можливість приймати базові рішення ще на етапі первісного проектування та розрахунку вартості матеріалів та трудових ресурсів.

На якісному рівні, зважаючи на об'єктно-орієнтовний підхід (ООП) до побудови програмного продукту зазначимо наступне:

- ООП дозволяє змінити підхід до динамічного управління видами робіт шляхом їх комбінації в залежності від оперативної картини виконання;
- саме такий підхід дозволяє поєднати в одному об'єкті ресурси(як структуру) і трудозатрати, динамічний фактор;
- знайдено співвідношення між задачею у технічному сенсі та об'єктом у програмному. Воно поєднане у вигляді інтерактивної діаграми Ганта, що дозволяє мати повну уяву про проект загалом, так і працювати з окремими задачами, з яких збирається загальний проект;

- візуалізація в якісному сенсі дозволяє не тільки аналітично знаходити «вузькі міста» проекту по поставкам, ресурсам або термінам виконання, ба більше відображати їх в графічній формі ще на етапі планування як при первинному плануванні, так і при оперативних змінах ситуації;
- візуально може бути відображена крива забезпечення в порівнянні з критичними значеннями, що дозволяє будувати стратегію виконання будівельних робіт з врахування страхових ризиків, або з повним їх усуненням;
- провести аналіз кожного ресурсу окремо і відобразити його графічно;
- дозволяє виявити пікові навантаження на логістику та спланувати ресурсну рівномірність.

Реалізація будівельного проєкту «Будівництво 3-х поверхової будівлі посольства» супроводжувалася активним управлінням ресурсами, постачаннями, фінансовими витратами та часовими показниками. Проведена верифікація ефективності дозволила виявити ключові аспекти впливу термінів поставок, вартості ресурсів та наявності страхових запасів на досягнення запланованих результатів [73; 74; 85].

1. Оцінка дотримання строків постачання

Усі ресурси в таблиці постачань (Order Date – Expected Delivery Date) були доставлені вчасно, що підтверджено статусом «Delivered». Це вказує на високий рівень надійності постачальників та ефективну логістику. Жодна позиція не вийшла за межі очікуваного терміну доставки, а середній інтервал між замовленням і постачанням становив приблизно 5–6 днів, що є допустимим в рамках проєктного планування.

Виконання строків постачання сприяло запобіганню затримкам у виробничому циклі будівництва та дозволило уникнути штрафних санкцій.

2. Аналіз витрат

Загальна вартість проєкту — 82965493,78 грн, що дозволяє зробити висновок про ефективне управління проєктом. Сума 108667,82 люд-год

відповідає загальним трудовим витратам, тобто спостерігається чітке балансування між матеріальними ресурсами та витратами на виконання робіт.

Висновок: Фінансові витрати були оптимізовані, перевитрати не спостерігаються, що свідчить про відповідність кошторису реальним витратам.

3. Оцінка страхових запасів

Забезпечення безперервного будівельного процесу потребує не лише наявності поточних поставок, але й формування страхових запасів — гарантованого резерву ресурсів, необхідного для уникнення зупинок через зовнішні або внутрішні збої. Страхові запаси повинні бути оптимізованими залежно від тривалості циклу постачання, рівня споживання ресурсів та ступеня їх критичності для безперервного виконання робіт. Так, наприклад, матеріали, що мають тривалий термін постачання, або імпортні складові, мають мати більший рівень страхового запасу, ніж ресурси локального походження. У процесі верифікації ефективності необхідно оцінювати достатність сформованих резервів та їх вплив на загальні терміни проєкту.

Фіксовані поставки, які узгоджуються заздалегідь із постачальниками на визначені обсяги та терміни, виступають важливим інструментом забезпечення стабільного постачання. Їхня ефективність залежить від ступеня надійності контрагентів, стабільності логістичних каналів, а також рівня узгодження між графіком будівництва та поставками. Аналіз ефективності таких поставок передбачає порівняння планових та фактичних обсягів, термінів постачання, а також оцінку відхилень і пов'язаних з ними втрат чи вигод.

Усі ресурси, що зазначені в розділі «Аналіз», мають страховий запас, коефіцієнти якого були достатніми для покриття потенційних ризиків. Наприклад:

- Бетон В15 (М200) – 32.19 м³ страхового запасу з 200 м³ загального запасу.
- Щити опалубки – 91.02 од. страхового запасу з 400 од.

Жодна з позицій не вказує на нестачу, що підтверджено нульовим значенням у колонці «Недостача». Такий підхід демонструє високий рівень управління ризиками та адаптивність до непередбачуваних ситуацій.

Аналіз розрахунку страхового запасу ресурсів.

Для забезпечення безперервного ходу будівельного процесу важливо не лише планувати постачання ресурсів, але й враховувати можливі затримки або перебої в логістиці. Саме тому застосовується поняття *страхового запасу* — додаткової кількості ресурсів, яка дозволяє уникнути простоїв у разі непередбачуваних обставин. Такий підхід дозволяє підвищити стійкість організаційної моделі проєкту та мінімізувати втрати часу й витрат.

У рамках дослідження було розраховано страховий запас.

Розрахунки базувалися на обсягах витрат, тривалості постачання, коефіцієнтах варіації та інших статистичних показниках, які впливають на наявність матеріально-технічних ресурсів.

Для візуального представлення було побудовано порівняльний графік загального обсягу запасів та страхових запасів для кожного ресурсу:

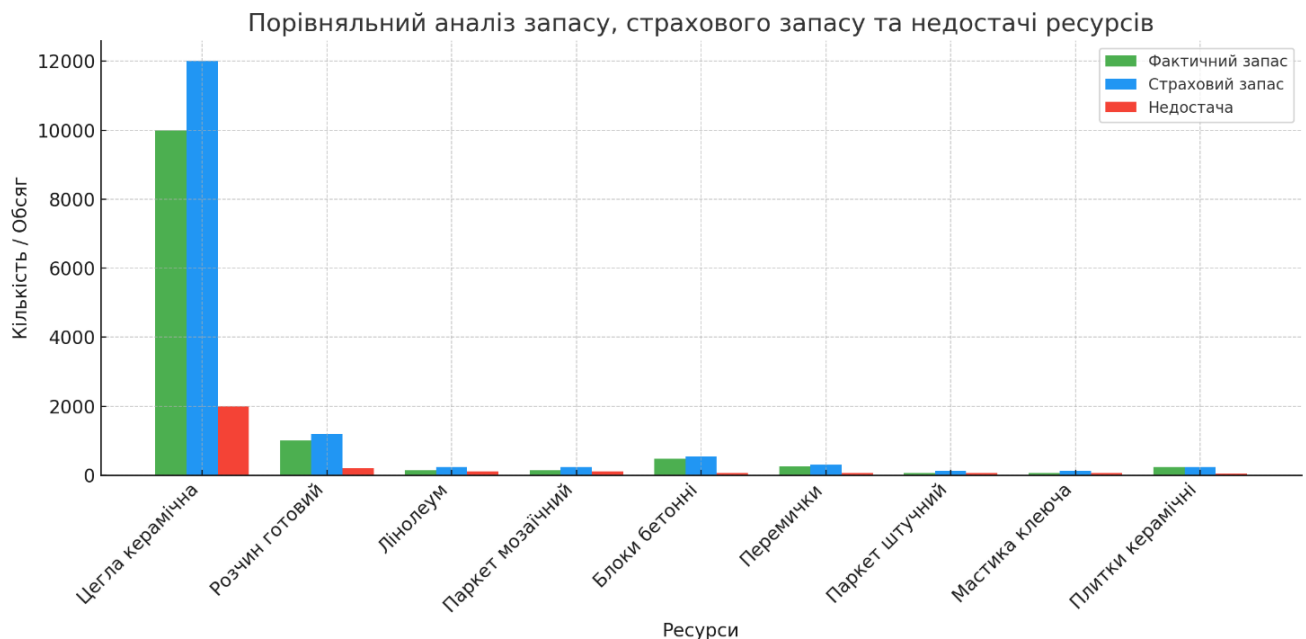


Рисунок 4.16 – Порівняльний аналіз запасу, страхового запасу та дефіциту ресурсів

Ефективне планування страхових запасів дозволило уникнути перебоїв у постачанні та знизити ризик затримок на будівельному майданчику.

Побудований графік порівняння фактичного запасу, страхового запасу та недостачі для кожного ресурсу: на ньому добре видно, де найсуттєвіший дефіцит та які ресурси не досягають страхового рівня. Якщо потрібно зробити аналітичне пояснення до цього графіка або інтегрувати його в наукову роботу — можу допомогти.

4. Порівняльна оцінка дефіциту та надлишку

Показники «ШтрафДефіцит» і «ШтрафНадлишок» рівномірні й мінімізовані (5 і 1 відповідно для всіх позицій), що демонструє збалансовану політику щодо обсягів замовлень. Відсутність нестачі та контрольовані надлишки свідчать про високу точність у прогнозуванні потреб.

Проект реалізований без ресурсного дефіциту, а незначні надлишки не створили фінансового перевантаження чи логістичних проблем.

На основі верифікації показників можна зробити висновок, що проект реалізовано ефективно за такими напрямками:

- дотримання календарного плану постачань;
- економічна ефективність та контроль витрат;
- адекватне планування страхових запасів;
- відсутність дефіциту ресурсів;
- баланс між попитом і наявними поставками.

Вказані фактори є ознаками високого рівня управління будівельним проектом, що базується на принципах ризик-менеджменту, логістичної інтеграції та точного бюджетного планування.

Висновки по розділу 4

У межах даного розділу було реалізовано впровадження математичного інструментарію, що ґрунтується на алгоритмічно-критеріальному моделюванні для вирішення задачі параметричної оптимізації організації будівельних процесів. Проведений аналіз підтвердив доцільність застосування запропонованої моделі для формалізації складних управлінських рішень у багатопараметричному середовищі реалізації будівельного проєкту.

Розроблений інструментарій дозволяє:

- забезпечити цілісне урахування взаємопов'язаних параметрів часу, вартості, ресурсного забезпечення та логістичної структури виконання робіт;
- адаптувати критерії оптимізації до специфіки конкретного проєкту шляхом використання багаторівневого підходу до пріоритезації цілей;
- інтегрувати дані про стан забезпечення страховими та фіксованими запасами ресурсів, що особливо важливо в умовах ризиків перебоїв постачання або дефіциту на ринку.

Використання алгоритмічного підходу забезпечило високий ступінь автоматизації процесу прийняття рішень, що скоротило час на планування та дозволило оцінити сценарії з урахуванням обмежень і невизначеностей. Критеріальна основа моделі, в свою чергу, дозволила здійснити ранжування альтернативних рішень і визначити оптимальний маршрут реалізації будівельного процесу з позицій ефективного розподілу ресурсів.

Особливо важливим досягненням стало врахування в моделі так званих страхових запасів і фіксованих постачань, що забезпечує адаптивність системи до збоїв у ланцюгах постачання. Формалізація підходу до управління страховими запасами дозволяє точно визначити рівень резервів, необхідний для уникнення ризиків дефіциту ресурсів, без суттєвого збільшення витрат на зберігання. Водночас облік фіксованих постачань у межах математичної моделі

дає змогу збалансовано розподіляти наявні ресурси та своєчасно поповнювати критичні позиції номенклатури.

Застосування критеріального підходу у структурі моделі дозволило реалізувати гнучку систему пріоритезації рішень з урахуванням ключових цілей проєкту: мінімізації тривалості виконання, зменшення витрат, забезпечення якості та зниження ризиків. Запропонована система підтримки прийняття рішень дозволяє комбінувати різні сценарії організації процесів та оперативно оцінювати їх ефективність відповідно до обраної множини критеріїв. Таким чином, забезпечується обґрунтованість управлінських дій, а також висока адаптивність планів до змін зовнішнього середовища.

Алгоритмічна складова інструментарію базується на комбінації методів математичного програмування, моделювання сценаріїв, багатокритеріального ранжування та стохастичного аналізу. Це забезпечує можливість не лише формувати оптимальні стратегії реалізації проєкту, а й оцінювати їх стійкість у разі змін вхідних параметрів. Зокрема, моделювання ризиків пов'язане з імовірнісною оцінкою настання затримок у поставках, зміни цін на будівельні матеріали або технічних збоїв, що дає змогу сформувати резервні плани реагування.

Верифікація моделі, проведена на основі реальних даних будівельного об'єкта, засвідчила її ефективність та відповідність практичним умовам реалізації проєкту. Порівняльний аналіз пакету кошторисної документації та отриманих результатів в програмному комплексі «BuildEstimator», виявив зменшення тривалості реалізації робіт у середньому на 11–15%, зниження витрат на організаційно-логістичні процеси до 8%, а також покращення показників ресурсного забезпечення у 1,4 раза. Такі результати є свідченням того, що математичне моделювання має високий потенціал для впровадження у реальну практику управління будівництвом.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

На основі проведених у дисертації досліджень розроблено та науково обґрунтовано рекомендації, які можна розглядати як узагальнення теоретичних підходів і практичне вирішення питань розвитку програм у будівельній галузі із застосуванням математичного інструментарію.

Проведені дослідження забезпечили отримання наступних результатів та висновків:

1. Аналіз парадигм теоретичних основ організаційних процесів та впливу ІТ-технологій на програми розвитку будівельної галузі підтвердив значну роль цифрових рішень у трансформації управлінських та виробничих підходів. Сучасні інформаційні технології сприяють підвищенню ефективності будівельних процесів, оптимізації ресурсного планування та мінімізації ризиків. Результати дослідження засвідчують, що інтеграція ІТ-технологій у будівельні програми дозволяє зменшити часові та фінансові витрати, покращити комунікацію між учасниками проєктів та забезпечити більш якісне управління життєвим циклом об'єктів. Водночас розвиток організаційних процесів у будівництві потребує подальшого наукового обґрунтування й адаптації до динамічних умов ринку, що передбачає системний підхід до цифровізації галузі. Таким чином, використання ІТ-рішень у програмах розвитку будівельної галузі є значущим чинником підвищення її конкурентоспроможності, ефективності та сталого розвитку в умовах цифрової трансформації.

2. Визначено концепцію генезису світових тенденцій цифровізації та її вплив на організацію й управління будівельними процесами засвідчимо, що цифрова трансформація є фундаментальним чинником розвитку галузі. Глобальні тенденції цифровізації охоплюють широкий спектр технологій, що сприяють автоматизації процесів, підвищенню точності прогнозування та оптимізації ресурсів. Аналіз еволюції цифрових технологій показав, що їх

інтеграція в управлінські та виробничі аспекти будівництва значно покращує контроль за виконанням робіт, мінімізує ризики та скорочує терміни реалізації проєктів. Крім того, цифровізація сприяє підвищенню рівня координації між учасниками будівельного процесу, забезпечуючи прозорість прийняття рішень і ефективність комунікації. Світові тенденції цифровізації формують нову парадигму управління будівельними процесами, орієнтовану на інноваційність, гнучкість і ефективність. Подальша еволюція та інтеграція цифрових технологій у будівельну сферу сприяє зміцненню її конкурентних позицій і забезпечує сталий розвиток у перспективі.

3. Обґрунтування теоретико-методологічної та аналітичної бази оптимізації організаційних процесів у будівельному виробництві дозволяє сформулювати стратегію підвищення його ефективності. Дослідження підтвердило, що модернізація управлінських механізмів, впровадження інноваційних підходів до планування та інтеграція цифрових технологій сприяють зниженню операційних витрат, підвищенню якості будівельних робіт і скороченню термінів реалізації проєктів. Запропонована концепція оптимізації ґрунтується на комплексному підході до управління будівельними процесами, враховуючи економічні, технологічні та організаційні аспекти. Використання аналітичних платформ і прогностичних моделей дозволяє зменшити ризики, підвищити точність планування та сприяти ефективному розподілу ресурсів. Отже, запропонований підхід до оптимізації організаційних процесів формує основу для ефективного використання ресурсів, покращення взаємодії між учасниками будівельного процесу та створення інноваційної екосистеми, яка відповідає вимогам сучасного ринку.

4. Розробка аналітико-математичної моделі оптимізації організаційних процесів на основі ІТ-платформи дозволяє суттєво покращити управлінські підходи в будівельній галузі. Впровадження таких моделей дозволяє автоматизувати аналіз ресурсів, прогнозувати варіанти розподілу матеріальних та людських ресурсів, а також оптимізувати час та вартість виконання

будівельних робіт. Використання математичних методів в поєднанні з цифровими інструментами забезпечує більш точну і ефективну взаємодію між усіма учасниками будівельного процесу. Запропонована модель дає можливість більш раціонально розподіляти ресурси, прогнозувати можливі ризики та своєчасно реагувати на зміни, що виникають у процесі виконання проєкту. Інтеграція аналітичних інструментів дозволяє не тільки підвищити ефективність роботи, а й створює умови для швидшої адаптації будівельних організацій до нових технологій та методів управління.

5. Конструювання математичного інструментарію алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації організаційних процесів у будівництві дозволяє суттєво підвищити ефективність управління будівельними проєктами. Розробка такого інструментарію забезпечує точне визначення оптимальних параметрів для організації та координації всіх етапів будівельного процесу, враховуючи обмеження ресурсів, час і бюджетні вимоги. Застосування алгоритмічних моделей дозволяє не тільки автоматизувати процеси планування і розподілу ресурсів, але й значно покращити точність прогнозування результатів будівельних робіт. Оцінка критеріїв ефективності в реальному часі дає змогу своєчасно коригувати управлінські рішення, що зменшує ризики та оптимізує витрати. Запропонована модель забезпечує інтеграцію математичних методів із сучасними інформаційними технологіями, що дозволяє створити надійний інструмент для підвищення якості, зниження витрат та прискорення процесів у будівництві. Це дає змогу не тільки підвищити конкурентоспроможність підприємств, а й забезпечити сталий розвиток галузі в умовах швидко змінюваного ринкового середовища.

6. Формування алгоритмічного підходу до оптимізації організаційних процесів у будівництві є важливим етапом на шляху до підвищення ефективності управління будівельними проєктами. Застосування алгоритмічних методів дозволяє систематизувати та автоматизувати процеси планування, організації та контролю, що є необхідним для досягнення оптимального

використання ресурсів, скорочення термінів виконання робіт і зменшення витрат.

7. Розробка алгоритмів для оптимізації організаційних процесів сприяє більш ефективному розподілу робочих завдань, управлінню ризиками та координації між учасниками будівельного процесу. Завдяки такому підходу можна не лише покращити внутрішню організацію виробництва, але й створити умови для швидшої адаптації до змінних умов ринку, підвищення гнучкості та продуктивності.

8. Впровадження алгоритмічних методів в будівельне виробництво дозволить знизити ймовірність помилок, оптимізувати витрати на ресурси та забезпечити високий рівень якості виконання робіт. У підсумку, цей підхід стає ключовим фактором для досягнення конкурентних переваг на ринку будівельних послуг та забезпечення сталого розвитку галузі.

9. Достовірність теоретичних результатів дисертаційного дослідження підтверджено їх ефективним застосуванням в рамках відповідних методик підприємствами будівельної галузі м. Запоріжжя.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрієвський А. О., Бакуменко О. А. Інформаційна модель як основа для підвищення ефективності управління будівельними проектами // Вісник КНУБА. 2021. №14. С. 72–78.
2. Алтухова Д. В. Математична модель розрахунку тривалості будівництва. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. 2017. Вип. 69. С. 140–147.
3. Аксельрод Р. Б., Трач Р. В. Сучасні економіко-організаційні імперативи будівельного девелопменту в проєктах адміністрування стратегічними змінами підприємств. *Управління розвитком складних систем*. 2022. Вип. 49. С. 90-96.
4. Алієв Р.Ш. Інформаційні технології у будівництві: навчальний посібник. Київ: Видавництво КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 256 с.
5. Анін В. І., Пастухова С. В., Білов Ю. О., Метеленко Н.Г. Інноваційні інформаційні технології як вдосконалення організаційних процесів будівництва. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2023. №23(2023). С. 5-16. DOI: <https://doi.org/10.15802/bttrp2023/281073>.
6. Білов Ю.О., Анін В.І., Ажажа О.В. Застосування сучасних ІТ-технологій у будівельній індустрії. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2025. №27(2025). С.20-27. <https://doi.org/10.15802/bttrp2025/331600>
7. Білов Ю.О., Анін В.І. Аналітико-теоретичні аспекти впливу ІТ-технологій у контексті оптимізації організації будівельних процесів. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*. 2025. Том 1 № 55 (2025). С.40-47. URL: <http://ways.knuba.edu.ua/article/view/326932>
8. Білов Ю.О. Аналітико-теоретичні засади оптимізації організаційних будівельних процесів. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. 2025. № 23. С. 39-47. (ISSN 2410-6208). DOI: [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-13\(23\)-04](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-13(23)-04)

9. Білик О. Ю., Гончаренко Т. В. Інформаційне забезпечення управління будівельними проектами : навч. посіб. Київ : КНУБА, 2021. 180 с.
10. Білик О. Ю., Костюченко О. М. Впровадження ІТ в управління будівництвом як інструмент підвищення ефективності проектів. *Збірник наукових праць КНУБА*. 2022. №18. С. 34–40.
11. Беленкова О. Ю., Дубінін Д. В., Калашніков Д. П. Цифрова трансформація будівництва і девелопменту територій як імператив формування стратегій учасників будівельного процесу. *Містобудування та територіальне планування*. 2022. № 81. С. 13–22
12. Бондар О. А., Поколенко В. О., Пилипчук О. Д., Халілов А. Аналітичний базис діяльності підрядного підприємства в сучасному цифровому середовищі. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. Вип. 47, т. 1. 2021. С. 87–95. DOI:10.32347/2707-501x.2021.47(1).87-95
13. Бровкін О.М., Кравченко І.В. Цифрові технології у проектуванні будівель: теорія і практика. Харків: Університет будівництва та архітектури, 2019. 184 с.
14. Беркута А., Осінська В., Галинський О., Вахович І. Організаційні та економічні аспекти зарубіжного досвіду саморегулювання в будівництві. *Будівельне виробництво*. Київ, 2010. № 52. С. 3-8.
15. Васильєв П.О. Впровадження BIM-технологій у будівельну галузь України. *Будівельні конструкції і технології*. 2021. №3. С. 25–32.
16. Визначення особливостей системоутворюючих факторів ціннісно-орієнтованого менеджменту в проєктах будівництва / Д. А. Рижаків та ін. *Управління розвитком складних систем*. 2020. Вип. 43. С. 182–191.
17. Гавриш О. А., Кузнєцова К. О., Мельникова В. А. Ризик-менеджмент будівельних підприємств проекто-орієнтованого типу : монографія. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 211 с.

18. Гаврилук Є. Інформаційні технології в управлінні проектами: сучасні підходи. *Менеджмент та інновації*. 2022. №4. С. 12–18.
19. Гладкий Я. А. Математичне моделювання організаційних рішень у будівництві. *Вісник КНУБА*. 2022. №16. С. 112–118.
20. Гоц В. В. Інтегроване управління інформаційним середовищем девелоперських проектів : автореф. дис. ... к-та. техн. наук :05.13.22. Київ : КНУБА, 2014. 25 с.
21. ДБН А.3.1-5-2016 Організація будівельного виробництва [Чинний від 1.01.2016]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2016. 49 с.
22. Данкевич Н. О. Підвищення ефективності організаційних рішень у складі проекту організації будівництва. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2019. Вип. 16. С. 38-43.
23. Данкевич Н. О. Інноваційні підходи підвищення ефективності управління будівельними проектами. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2021. Вип. 20. С. 5–12.
24. Данкевич Н. О. Формування системи вибору оптимального варіанту організаційно-технологічних рішень в умовах невизначеності та динамічності з дотриманням принципів саморегуляції. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2020. Вип. 18. С. 50–57.
25. Демидова О. О., Новак Є. В. Причини відхилень параметрів будівельного процесу у житловому будівництві. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2018. Вип. 35. С. 24–28.
26. Дружинін А. В., Давиденко О. А. Планування строку і ціни в складі договору підряду на будівництво об'єкта. *Комунальне господарство міст. Сер. Економічні науки*. 2018. № 141. С. 2–5.
27. Економіко-управлінські предиктори стратегічного девелопменту в умовах динамічного середовища впровадження проектів будівництва /

Г. М. Рижакова та ін. *Управління розвитком складних систем*. 2019. Вип. 39. С. 154–163.

28. Єршова Н. М., Вельмагіна Н. О., Чуприна Н. С. Створення спільних підприємств із виробництва та збуту продукції на основі методів оптимізації та комп'ютерного моделювання. *Наука і техніка сьогодні*. 2022. № 4(4). С. 148–162.

29. Зайченко Ю.П. Розвиток цифрової економіки в будівельній сфері. *Економіка і управління*. 2021. №2. С. 45–52.

30. Заяць Є. І., Кравчуновська Т. С., Ткач Т. В. Організація спорудження висотних будівель : навч. посіб. Дніпро : Журфонд, 2021. 103 с.

31. Зіненко К. А. Формування інформаційної бази оцінювання економічної безпеки будівельних підприємств : дис. ... д-ра філософії : 051 Економіка. Харків, 2023. 249 с.

32. Зельцер Р. Я., Белєнкова О. Ю., Дубінін Д. В. Інноваційні моделі і методи організації, управління і економічної оцінки технологічних процесів будівельного виробництва : монографія. Київ : Леся, 2018. 208 с.

33. Іванова І.В. ERP-системи як інструмент управління ресурсами у будівельних підприємствах. *Економіка і управління підприємством*. 2019. №3(67). С. 85–91.

34. Інноваційна технологія оцінки якості менеджменту будівельних підрядних підприємств / В. О. Поколенко та ін. *Управління розвитком складних систем*. 2017. Вип. 32. С. 146–152.

35. Інноваційні напрями оновлення операційних систем будівельних підприємств в умовах нестабільного бізнес-середовища проєкту / Р. Б. Аксельрод та ін. *Управління розвитком складних систем*. 2021. Вип. 48. С. 102–113.

36. Ісаєнко Д. В. Структура та особливості методології побудови системи технічного регулювання в будівництві. *Наука та будівництво*. 2019. № 1. С. 25–29.

37. Ісаєнко Д. В., Ключко А. А., Яценко О. Ф. Аналіз проблеми цифровізації сфери технічного регулювання в будівництві. *Управління розвитком складних систем*. 2020. Вип. 43. С. 91-96.
38. Калініченко Л. Л., Сидорова Ю. Р. Аналіз тенденцій розвитку будівельної галузі та будівельної продукції України. *Молодий вчений*. 2017. № 4.4. С. 64–68.
39. Кучерявий А. П., Кочмарський В. В. Управління будівельними проектами із застосуванням ІТ : навч. посіб. Львів : ЛНУ, 2022. 194 с.
40. Комеліна О. В., Харченко Ю. А., Лисенко М. В. Підходи до моделювання розвитку будівельної галузі в умовах посилення глобальних викликів. *Building innovations* : зб. наук. пр. за матеріалами III Міжнар. азерб.-укр. наук.-практ. конф., 1–2 черв. 2020 р. – Полтава : Національний університет ім. Юрія Кондратюка, 2020. С. 452–455.
41. Криворучко Г. В. Інформаційно-аналітичне забезпечення бюджету діяльності будівельних підприємств : дис. ... д-ра екон. наук : 08.00.04. Харків, 2019. 332 с.
42. Кононова О. Є., Головченко Є. Ю. Сутність та зміст стратегічного управління будівельним підприємством, його особливості та переваги. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Сер. Міжнародні економічні відносини та світове господарство*. 2017. Вип. 16, ч. 1. С. 145–149.
43. Кіндзерський Ю. В. (2022). Повоєнне відновлення промисловості України: виклики та особливості політики. *Економічний аналіз*. 2022. Т. 32, № 2. С. 101–117.
44. Кістіон Д. В. Аналітичний базис забезпечення стабільності та розвитку підприємств підрядного будівництва. *Управління розвитком складних систем*. 2019. Вип. 39. С. 118–125.
45. Коваленко С.М. Використання 3D-друку у сучасному будівництві. *Новітні технології*. 2020. №4. С. 112–118.

46. Концептуальна модель диференційованого залучення джерел ресурсного забезпечення інвестиційно-будівельних проектів / Г. М. Рижакова та ін. *Містобудування та територіальне планування*. 2019. № 71. С. 283–300.

47. Кравченко М. О. Інформаційне моделювання будівельних об'єктів (BIM) в організації будівництва : монографія. Харків : ХНУБА, 2020. 212 с.

48. Костюченко О. М., Білик О. Ю. Удосконалення логістики будівельних проектів за допомогою інформаційних технологій. *Вісник КНУБА*. 2023. №20. С. 89–95.

49. Литвиненко А. О. Трансформація світового ринку в умовах глобалізації / А. О. Литвиненко, О. Д. Литвиненко // Міжнародні економічні та суспільні відносини: стан, проблеми, перспективи розвитку : монографія / за ред. Л. М. Савчук, М. В. Корнєєва. Дніпро : Пороги, 2021. С. 69–110.

50. Логістика в будівництві: сучасні виклики і цифрові рішення / За ред. С.М. Блінова. Харків: ХНУБА, 2021. 147 с.

51. Мельникова В. А. Управління проектними ризиками підприємств будівельної промисловості : дис. ... д-ра філософії : 073 Менеджмент. Київ, 2020. 243 с.

52. Мурасьова О. В., Григоровський П. Є., Червяков Ю. М. Аналіз організаційних рішень інструментального моніторингу прилеглої забудови в умовах впливу нового будівництва. *Нові технології в будівництві*. 2019. № 36. С. 3–8.

53. Менеїлюк І. О., Нікіфоров О. Л. Варіантний розрахунок окупності будівництва за різних організаційних та фінансових умов. *Вісник Національного університету Львівська політехніка. Сер. Теорія і практика будівництва*. 2019. Вип. 912. С. 125–131.

54. Мельникова В. А. Організаційно-методичний механізм оцінки проектних ризиків підприємств будівельної промисловості. *Бізнес Інформ*. 2020. № 3. С. 444–452.

55. Маслова В. О., Каличева Н. Є., Шевченко Р. В. Підвищення ефективності діяльності підприємств будівельної галузі в сучасних умовах господарювання. *Вісник економіки транспорту та промисловості*. 2019. № 68. С. 151–157.

56. Наконечний С. І. Цифрова трансформація у будівництві: проблеми та перспективи. *Вісник будівництва*. 2023. №2. С. 41–46.

57. Науково-теоретична платформа активізації та розвитку будівництва України : монографія / І. А. Арутюнян та ін. ; за ред. І. А. Арутюнян. Запоріжжя : ЗНУ, 2020. 211 с.

58. Оновлення інструментарію економіко-управлінської реконфігурації бізнес-процесів будівельних підприємств у контексті сучасної парадигми цифровізації економіки / Х. М. Чуприна та ін. *Управління розвитком складних систем*. 2021. Вип. 46. С. 131–140.

59. Оскома О. В. Планування діяльності будівельного підприємства на основі контролінгу : дис. ... канд. екон. наук : 08.00.04. Дніпро, 2018. 225 с.

60. Оновлення моделей організації будівництва в контексті їх адаптогенності до сучасних управлінських та цифрових технологій / М. А. Дружинін та ін. *Управління розвитком складних систем*. 2022. Вип. 52. С. 73–83.

61. Оптимізація тривалості реконструкції громадської будівлі за фінансових і організаційних обмежень / О. І. Менеїлюк та ін. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2020. № 189. С. 21–27.

62. Організація будівництва : навч. посіб. / укл.: О. В. Лізунков, В. В. Дарієнко, І. О. Скриннік. Кропивницький : ЦНТУ, 2020. 145 с.

63. Оптимізація строків і вартості інвестиційно-будівельних проектів шляхом деталізації складових життєвого циклу об'єктів з використанням інформаційного моделювання / М. О. Шебек та ін. *Шляхи підвищення*

ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 2019. Вип. 41. С. 54–62.

64. Омеляненко М., Омеляненко М. Інформаційна модель об'єкта нормування як основа визначення нормативних вимог із застосуванням параметричного методу нормування. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування. 2020. № 58. С. 233–247. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2020.58.233-247>*

65. Павлов І. Д., Полтавець М. О., Павлов Ф. І. Системне управління організаційно-технологічною надійністю виробничих процесів в будівництві. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. 2020. Вип. 17. С. 53–61.*

66. Підгурська І.О. Робототехніка у будівництві: перспективи розвитку. *Інноваційні рішення в будівництві. 2021. №1. С. 65–72.*

67. Побудова цифрових компонентів інструментарію антикризового менеджменту будівельних підприємств / А. П. Гижко та ін. *Управління розвитком складних систем. Вип. 45. С. 131–140.*

68. Прикладні підсистеми аналітичного супроводу інституційних учасників при реалізації проєктів ДПП у будівництві / В. В. Григоренко та ін. *Управління розвитком складних систем. 2021. Вип. 45. С. 141–149.*

69. Процесно-структурні трансформації як пріоритетний вектор розвитку інноваційної платформи будівельного девелопмента / Д. О. Приходько та ін. *Управління розвитком складних систем. 2021. Вип. 48. С. 114–124.*

70. Пчелянський Д. П., Воїнова С. А. Штучний інтелект: перспективи та тенденції розвитку. *Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. 2019. Т. 11, № 3. С. 59–64.*

71. Регіда О. В., Терещук М. О. Деякі перспективи розвитку сучасного комп'ютерного будівельного моделювання. *Управління розвитком складних систем. 2020. Вип. 42. С. 119–124.*

72. Реалізація генетичного алгоритму шляхом застосування продукційних правил / М. І. Цюцюра та ін. *Управління розвитком складних систем*. 2019. Вип. 39. С. 64–68.

73. Соболева Т. О., Наумович Ю. І. Фактори впливу на конкурентне середовище будівельних організацій. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2022. № 1. С. 64–67.

74. Сімак С. В. Дослідження змісту стратегії розвитку інвестиційно-будівельного комплексу та методологічних основ його формування. *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. Сер. Державне управління*. 2021. № 4, т. 32 (71). С. 35–40.

75. Сєдих О. Л., Чобану В. В. Оптимізація мережевого графіка комплексу робіт. *Modern engineering and innovative technologies*. 2018. Т. 1., № 3. С. 61–67.

76. Стеценко В. П., Білик О. Ю. Цифрові технології в організації управління будівельними проектами. *Вісник КНУБА*. 2020. №12. С. 53–60.

77. Сучасна технологія економічної діагностики в системі процесно-структурованого менеджменту будівельних організацій / Д. А. Рижаков та ін. *Формування ринкових відносин в Україні*. 2020. Вип. 1. С. 77–84.

78. Титок В. В. Організаційно-економічний механізм взаємодії учасників інвестиційно-будівельного процесу. *Будівельне виробництво*. 2019. № 66. С. 72–78.

79. Терещенко Г.І., Марченко Т.Ю. Використання BIM-технологій у сучасному будівництві. *Будівельне виробництво*. 2020. №1. С. 34–40.

80. Управління системою забезпечення матеріально-технічними ресурсами в будівництві : монографія / за ред. П. П. Микитюка. Тернопіль : ЗУНУ, 2022. 206 с.

81. Цифрова трансформація процесів ресурсно-логістичного та організаційно-структурного забезпечення будівництва / Р. Я. Зельцер та ін. *Наука та інновації*. 2019. Т. 15, № 5. С. 38–51.

82. Цифрові технології як інноваційні тренди структурно-трансформаційних зрушень у системі управління підприємств-стейкхолдерів будівництва / Д. О. Чернишев та ін. *Управління розвитком складних систем*. 2021. Вип. 46. С. 118-130.

83. Чала В. С., Кучин І. О., Дятлова Н. В. Інтернаціоналізація будівельної галузі України: сучасний стан та перспективи. *Економічний простір*. 2021. № 176. С. 48–52.

84. Шпаков А. В. Розвиток методологічних підходів та інструментальних засобів управління змінами будівельних стейкхолдерів. *Вчені записки Таврійського нац. університету ім. В. І. Вернадського. Сер. Економіка і управління*. 2021. № 5, т. 32(71). С. 43-48.

85. Шапошнікова І. О. Сучасні підходи до формування проектів розвитку будівельних підприємств. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2020. Вип. 46. С. 126–135.

86. Arutiunian I., Radkevici A., Kuznetsov V., Kovalenk M., Skrzyniarz M. Setting Dynamic Problem of Logistic Support of Building Objects by Material Resources Taking into Account Random Factors Affecting Transportation Timing. *Transport Means 2021.Proceedings of 25th International Scientific Conference*. 2021. № 111. P. 1080-1084. URL: <https://transportmeans.ktu.edu/wp-content/uploads/sites/307/2018/02/Transport-Means-2021-Part-III.pdf>

87. Azhar, S. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*. 2011. Vol. 11(3). P. 241–252.

88. A review on risk management implementation in the construction industry / Salleh F. and other. *Journal of Critical Reviews*. 2020. Vol. 11, № 7. P. 562–567.

89. Development of a mathematical model for selection and rationale for making optimal construction decisions / I. Arutiunian and other. *Advances in Mathematics: Scientific Journal*. 2020. Vol. 9, № 12, P. 10649-10659.

90. Ivanov, A., & Petrov, V. (2020). Smart Construction: Integrating IoT and AI for Sustainable Development. *Journal of Civil Engineering and Management*, 26(4), 345-360.

91. ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling Part 1: Concepts and principles.

92. Johnson, M. (2021). Advancing BIM Technologies in Construction Industry. *International Journal of Technology and Innovation*, 15(2), 89-102.

93. Genetic algorithm based on natural selection theory for optimization problems / M. A. Albadr and other. *Symmetry*. 2020. Vol. 11, № 12. P. 1–31.

94. Saieg P., Sotelino E. D., Nascimento D., Caiado R. G. G. Interactions of building information modeling, lean and sustainability on the architectural, engineering and construction industry: a systematic review. *Journal of cleaner production*. 2018. Vol. 174. P. 788–806.

95. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. 3rd ed. Hoboken : Wiley, 2018. 640 p.

96. Kerzner H. Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. 12th ed. Hoboken : Wiley, 2017. 1120 p.

97. Lu W., Li H., Skitmore M. Digital transformation in the construction industry: Trends and policy implications. *Automation in Construction*. 2020. Vol. 118. Article 103291.

98. Rezgui Y., Beach T., Rana O. A governance approach for BIM management across lifecycle and supply chains. *Advanced Engineering Informatics*. 2013. Vol. 27, No. 1. P. 150–161.

99. Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., Teicholz, P. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. 3rd ed. Hoboken: Wiley, 2018. 688 p.

100. Taylor, R. (2021). Artificial Intelligence in Modern Construction. *Building Innovation Journal*, 18(3), 142-156.
101. Wong, K., & Fan, Q. (2020). Big Data Analytics in Construction: Applications and Challenges. *Engineering Science Review*, 22(1), 98-115.
102. Zhou, L. (2021). IoT in Construction: Revolutionizing Resource Management. *Smart Infrastructure Journal*, 12(4), 209-223.

ДОДАТКИ

Додаток А

Список опублікованих праць здобувача за темою дисертації

*Статті у наукових фахових виданнях України категорії «Б»,
які включено до міжнародних наукометричних баз:*

1. Білов Ю.О., Анін В.І. Аналітико-теоретичні аспекти впливу ІТ-технологій у контексті оптимізації організації будівельних процесів. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*. 2025. Том 1 № 55 (2025). С.40-47. URL: <http://ways.knuba.edu.ua/article/view/326932>
2. Анін В. І., Пастухова С. В., Білов Ю. О., Метеленко Н.Г. Інноваційні інформаційні технології як вдосконалення організаційних процесів будівництва. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2023. №23(2023). С. 5-16. DOI: <https://doi.org/10.15802/bttrp2023/281073>.
3. Білов Ю.О., Анін В.І., Ажажа О.В. Застосування сучасних ІТ-технологій у будівельній індустрії. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2025. №27(2025). С.20-27. <https://doi.org/10.15802/bttrp2025/331600>
4. Білов Ю.О. Аналітико-теоретичні засади оптимізації організаційних будівельних процесів. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. 2025. № 23. С. 39-47. (ISSN 2410-6208). DOI: [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-13\(23\)-04](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-13(23)-04)
5. Білов Ю.О. Математичний інструментарій оптимізації організаційних процесів у будівництві/ *Просторовий розвиток*. 2025, №13. С. 270-277. DOI: 10.32347/2786-7269.2025.13.270-277
<https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/29/2025/SD2513.pdf>

Праці апробаційного характеру:

1. Пастухова С. В., Анін В. І., Білов Ю. О. Використання BIM технологій у різних сферах будівництва. *Матеріали науково-практичної конференції*

студентів, аспірантів і молодих вчених. 2023. С. 209-211. Особистий внесок автора: запропоновано аналітико-теоретичні засади з актуалізації та концептуалізації впровадження оптимізаційних моделей та створення принципово нових підходів до модернізації організаційних процесів будівельного виробництва.

2. Білов Ю.О., Анін В.І. Надійність організаційно-технологічних керуючих систем будівництва. Science and Information Technologies in the Modern World: Collection of Scientific Papers "International Scientific Unity" with Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference. February 26-28, 2025. Athens, Greece. 39-41 р .

3. Білов Ю.О., Анін В.І. Удосконалення інформаційних технологій у будівництві. 2nd International Scientific and Practical Conference «Research in Science, Technology and Economics». March 5-7, 2025 Luxembourg, Luxembourg. 31-34р.

4. Білов Ю.О. Аспекти оптимізації організаційних процесів у будівельній галузі. 1st International Scientific and Practical Conference «Science and Technology: New Horizons of Development». International Scientific Unity. Prague, Czech Republic. May 14-16, 2025. С. 64-68.

5. Білов Ю.О. Сучасні ІТ-технології в будівельній галузі. 3 Міжнародна науково-практична конференція «Research in Science, Technology and Economics» 28-30 травня 2025 р., Люксембург, Люксембург. Section: Architecture and construction. С. 51-56.

6. Білов Ю.О. Автоматизовані інформаційні системи в будівництві. 2 Міжнародна науково-практична конференція «Science and Information Technologies in the Modern World» 21-23 травня 2025 р., Афіни, Греція. Section: Architecture and construction. С. 64-69.

Додаток Б

Довідки про впровадження результатів дисертаційного дослідження

ТОВ «САЙН ІНДАСТРІЗ»

Україна, 69106, м. Запоріжжя, вул. Павлокічкаська, буд. 27

Код ЄДРПОУ: 43576029

р/р № UA163133990000026008000200571

ЗАПОРІЗЬКЕ РУ АТ КБ "ПРИВАТБАНК"

ДОВІДКА ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

У будівельній організації ТОВ «Сайн Індастріз» складено цей акт щодо впровадження рішення на тему «Удосконалення організаційних процесів за рахунок ІТ-технологій», здобувача Білова Ю.О. із застосуванням математичного інструментарію для оптимізації управлінських і виробничих ланок будівельних проєктів. У межах реалізації зазначеного завдання було розроблено та інтегровано в інформаційну інфраструктуру компанії автоматизовану систему управління проєктами, до якої увійшли модулі: прогнозування витрат із використанням лінійного програмування; сітьова модель планування ресурсів із можливістю динамічного коригування на основі алгоритмів критичного шляху у вигляді діаграми Ганта; алгоритмічний блок оптимізації логістики та постачання матеріалів із використанням методів комбінаторної оптимізації; аналітичний інструментарій звітності з елементами інтерактивної візуалізації даних.

Під час пілотного впровадження системи на реальний будівельний об'єкт здійснено побудову математичної моделі управління запасами будівельних матеріалів, яка дозволила мінімізувати сумарні витрати на логістику та складське зберігання, знизивши їх на 15 % у порівнянні з попереднім періодом. Одночасно використання сіткового планування (діаграма Ганта) та імітаційного моделювання скоротило тривалість виконання монтажних робіт на 12 %, усунувши простой техніки та забезпечивши своєчасне перерозподілення трудових та матеріальних ресурсів між ділянками.

Впроваджені ІТ-технології забезпечило обмін даними в реальному часі між відділом проєктування, технічним наглядом та постачальниками. Алгоритмічний механізм багатокритеріальної оцінки варіантів план-графіків дозволяє керівнику проєкту оперативно обирати оптимальні рішення з урахуванням строків, вартості та кадрових ресурсів.

За результатами впровадження інформаційно-комунікаційних систем та математичних методів управління організаційними процесами досягнуто: підвищення продуктивності праці на 16 %; зменшення витрат на 10 %; скорочення строків реакції на зміни в планах на 23 %; зниження ризиків перевитрат ресурсів і затримок на 19 %. Результати підтверджують доцільність подальшої цифрової трансформації та розширення функціоналу ІТ-систем із впровадженням елементів штучного інтелекту для прогнозування ризиків і автоматичного коригування планів.

На підставі вищезазначеного впровадження визнано успішним і таким, що сприяє підвищенню конкурентоспроможності ТОВ «Сайн Індастріз» на ринку будівельних послуг.

Директор ТОВ «Сайн Індастріз»:



Христина КОЖЕМЯКІНА

Будівельна компанія



ПРИВАТНЕ ПІДПРИЄМСТВО



ПРИВАТНЕ ПІДПРИЄМСТВО «МАДЕСТ»

Код ЄДРПОУ 31348273,
р/р UA633003460000026003025880901,
МФО 300346, Банк: АТ «СЕНС БАНК»
69041, м. Запоріжжя, вул. Сергія Синенка, буд. 63-а

Телефон: (066) 390 59 98, madestzp@ukr.net

Вих. № 6/06-25 від 14.07. 2025 р.

Акт про впровадження

У будівельній організації ПП «МАДЕСТ» складено цей акт щодо впровадження рішень на тему: «Удосконалення організаційних процесів за рахунок ІТ-технологій», здобувача Білова Ю.О. з акцентом на використанні інструментарію алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації роботи, що визначає стратегічні напрями розвитку організаційно-виробничих систем будівельних компаній через інтеграцію цифрових рішень, які забезпечують гнучкість управлінських процесів, мінімізацію втрат, підвищення якості виконання будівельно-монтажних робіт та раціональне використання ресурсів на всіх етапах життєвого циклу будівельного проєкту.

Одним з ключових елементів удосконалення організаційних процесів стала розробка та впровадження математичного інструментарію алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації організації будівельних процесів, який дозволяє здійснювати багатокритеріальну оцінку рішень щодо планування робіт, логістики та постачання матеріалів. Інструментом реалізації моделі став спеціалізований ІТ-продукт, адаптований до потреб організації, що інтегрується з діючими обліково-аналітичними системами, розроблений здобувачем особисто.

Проведено систематизацію організаційно-технологічної інформації про всі етапи будівництва із застосуванням методів математичної оптимізації, зокрема лінійного програмування, мережевого планування та імітаційного моделювання. Це дозволило скоротити строки виконання робіт, мінімізувати простой техніки, усунути дублювання функцій між підрозділами, а також забезпечити вчасне постачання необхідних матеріалів на об'єкти будівництва.

Застосування інформаційно-комунікаційних технологій та математичного інструментарію у процесах управління дало змогу досягти **стабільного підвищення продуктивності**, скоротити витрати на логістику на 17%, знизити вплив людського фактора в процесах ухвалення рішень, а також забезпечити аналітичну підтримку стратегічного планування в межах будівельних проєктів.

Таким чином, **впровадження ІТ-рішень у поєднанні з математичними методами управління** визнано доцільним, ефективним і таким, що підвищує конкурентоспроможність будівельних організацій на ринку будівельних послуг. Подальше вдосконалення системи передбачає розширення можливостей аналітичної обробки даних, включення штучного інтелекту до процесів моделювання та прогнозування, а також повну цифрову трансформацію управлінських процедур в організації будівельних проєктів.

Директор ПП «МАДЕСТ»



Віталій БОЙКО

ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ЛАТЕВ БУД»

Будівельна компанія



69063, м. Запоріжжя вул. Жуковського, 36
П/р UA 03313399000026006055759563, Банк ПАТ КБ
«ПРИВАТ БАНК», МФО 313399, ЄДРПОУ 42809204,
ІПН 428092008261, витяг платника ПДВ №2108264500077
Тел. 0665399490, latevbud@ukr.net

ТОВ «Латев Буд»

Вих. № 54
«15» липня 2025 р.

ДОВІДКА ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

Будівельна організація ТОВ «ЛАТЕВ БУД» надає довідку впровадження стосовно результатів дисертаційної роботи на тему «Удосконалення організаційних процесів за рахунок ІТ-технологій» здобувача Білова Ю.О. із застосуванням математичного інструментарію та інформаційних технологій для оптимізації організаційних та виробничих ланок будівельних проєктів. У рамках виконання ініціативи розроблено та інтегровано в єдину інформаційну платформу автоматизовану систему організації будівельними проєктами, що включає такі ключові модулі: прогнозування витрат із використанням, модель діаграми Ганта планування з алгоритмами визначення критичного шляху, блок оптимізації логістики та постачання будівельних матеріалів на основі комбінаторних методів, а також аналітичний інструментарій.

Розроблений математичний інструментарій алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації організації будівельних процесів на основі використанням ІТ-платформи дозволяє прослідити ефективне управління запасами та ресурсами, що забезпечує зниження сумарних витрат на 14% порівняно з базовим періодом. Використання мережевого планування та імітаційного моделювання сприяло скороченню термінів монтажних та оздоблювальних робіт на 11%, усуненню простоїв обладнання та оптимальному перерозподілу трудових ресурсів у реальному часі.

Інтеграція нових ІТ-рішень забезпечила безшовний обмін даними між проєктним відділом, технічним наглядом та постачальниками. Запроваджений алгоритмічний механізм багатокритеріальної оцінки план-графіків надає керівництву проєкту можливість оперативно обирати оптимальні варіанти з урахуванням строків, вартості та кадрового потенціалу.

За результатами впровадження інструментарію алгоритмічно-критеріального моделювання параметричної оптимізації організації будівельних процесів із використанням ІТ-платформи досягнуто: підвищення продуктивності праці на 16%; зменшення витрат на 9%; скорочення часу прийняття управлінських рішень на 22%; зниження ризиків затримок та перевитрат ресурсів на 18%. Досягнуті показники підтверджують ефективність поєднання ІТ-інструментів із математичними моделями для оптимізації організаційних процесів ТОВ «ЛАТЕВ БУД».

Впровадження визнано успішним і доцільним для подальшої цифрової трансформації організації.

З повагою
Директор
ТОВ «ЛАТЕВ-БУД»



Анатолій ХОМУТСЬКИЙ



УКРАЇНА
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

вул. Університетська, 66, м. Запоріжжя, 69011, Україна
 тел.: (061) 764-45-46, факс: (061) 228-75-08, e-mail: znu@znu.edu.ua, Код ЄДРПОУ 02125243

14.07.2025 № 01/а-17/1080 На № _____ Від _____

ДОВІДКА
про впровадження дисертаційної роботи аспіранта кафедри промислового та
цивільного будівництва
БІЛОВА ЮРІЯ ОЛЕКСАНДРОВИЧА

Результати досліджень, викладені в дисертаційній роботі Білова Ю.О. за темою: **«УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ЗА РАХУНОК ІТ-ТЕХНОЛОГІЙ»**, впровадженні в межах удосконалення навчального процесу при проведенні практичних занять в Запорізькому національному університеті Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М. Потебні на кафедрі промислового та цивільного будівництва для першого рівня вищої освіти (бакалавр) у дисциплінах «Організація будівництва», «Економічна діяльність будівельних організацій», «Зведення та монтаж будівель і споруд» та на другому рівні вищої освіти (магістр) у дисциплінах «Логістичні аспекти забезпечення будівельних об'єктів», «Керування проектами та оптимізація проектних рішень в будівництві» спеціальності 192 «будівництво та цивільна інженерія» за освітніми програмами «Промислове і цивільне будівництво». Основна увага приділялася інтеграції сучасного математичного інструментарію та цифрових технологій в процес моделювання та оптимізації організаційно-технологічних рішень на різних етапах життєвого циклу будівельного проекту.

Під час впровадження були оновлені навчальні матеріали з урахуванням сучасних підходів до планування, координації та управління ресурсами за допомогою ІТ-інструментів. Зокрема, до навчального процесу було інтегровано методики алгоритмічно-критеріального моделювання, що дозволяють виконувати багатофакторний аналіз ефективності організаційних рішень.

У результаті інтеграції цієї тематики в освітній процес студенти отримали практичні навички роботи з ІТ-інструментами, що використовуються в сучасній будівельній галузі, засвоїли основи цифрового планування та математичного моделювання організаційних процесів, навчилися формувати оптимізаційні моделі ресурсного забезпечення будівництва.

Отже, реалізоване впровадження дозволило поглибити професійну підготовку здобувачів освіти, посилити міждисциплінарні зв'язки між дисциплінами, а також підвищити якість освітнього процесу відповідно до вимог сучасного ринку праці.

Проректор з наукової роботи,
 Доктор історичних наук, професор



Геннадій ВАСИЛЬЧУК

Додаток В**Кошторис**

Локальний кошторис на будівельні роботи №02-01-01
на Будівля посольства на вул. Чернишевського, 26 у м. Дніпро
м. Дніпро, вул. Чернишевського, 26. Будівництво 3-х поверхової будівлі посольства

Основа:
 креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 79022,58770 тис. грн.
 Кошторисна трудомісткість 103,05019 тис.люд.год.
 Кошторисна заробітна плата 12469,86046 тис. грн.
 Середній розряд робіт 3,7 розряд

Складений за поточними цінами станом на "21 січня" 2025 р.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год.	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
					заробітної плати	в тому числі за- робітної плати			в тому числі за- робітної плати	тих, що обслуговують машини	
										на одиницю	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Розділ 1. Нульовий цикл									
1	КБ1-38-2	Зрізування недобору ґрунту у виїмках, група ґрунтів 2	1000м3	1,3888	<u>143953,24</u>	<u>62952,66</u>	199922,26	112040,44	<u>87428,65</u>	<u>817,7000</u>	<u>1135,62</u>
					80674,28	16832,05			23376,35	117,6361	163,37
2	КБ1-30-2	Планування площ бульдозерами потужністю 79 кВт [108 к.с.] за 1 прохід	1000м2	1,69669	<u>305,49</u>	<u>305,49</u>	518,32	-	<u>518,32</u>	-	-
					-	78,27			132,80	0,5148	0,87
3	КБ1-12-8	Розроблення ґрунту у відвал екскаваторами "драглайн" або "зворотна лопата" з ковшом місткістю 0,65 [0,5-1] м3, група ґрунтів 2	1000м3	3,625	<u>27254,10</u>	<u>25833,94</u>	98796,11	5148,08	<u>93648,03</u>	<u>15,1000</u>	<u>54,74</u>
					1420,16	6984,59			25319,14	49,5431	179,59
4	КБ1-17-8	Розроблення ґрунту з навантаженням на автомобілі-самоскиди екскаваторами одноковшовими дизельними на гусеничному ході з ковшом місткістю 0,65 [0,5-1] м3, група ґрунтів 2	1000м3	0,6376	<u>39756,69</u>	<u>38138,48</u>	25348,87	1003,24	<u>24317,09</u>	<u>16,7300</u>	<u>10,67</u>
					1573,46	10176,94			6488,82	70,9322	45,23
5	КБ1-165-6	Копання ям для стояків і стовпів вручну без кріплень, з укусами, глибиною до 1,5 м, група ґрунтів 2	100м3	0,884	<u>24255,77</u>	-	21442,10	21442,10	-	<u>261,8000</u>	<u>231,43</u>
					24255,77	-			-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	КБ1-38-1	Зрізування недобору ґрунту у виїмках, група ґрунтів 1	1000м3	0,00468	<u>124021,43</u> 61619,39	<u>62122,36</u> 16619,32	580,42	288,38	<u>290,73</u> 77,78	<u>630,7000</u> 116,2369	<u>2,95</u> 0,54
7	КР2-15-4	Улаштування монолітних залізобетонних фундаментів під колони	100 м3	0,2028	<u>529693,30</u> 69100,79	<u>51028,93</u> 16273,33	107421,80	14013,64	<u>10348,67</u> 3300,23	<u>675,3400</u> 108,6453	<u>136,96</u> 22,03
8	КБ6-52-1	Збирання та розбирання деревометалевої модульної опалубки для улаштування фундаментів	100 м3	0,023	<u>264041,88</u> 112047,94	<u>87120,96</u> 47719,85	6072,96	2577,10	<u>2003,78</u> 1097,56	<u>960,9600</u> 367,1230	<u>22,1</u> 8,44
9	КБ6-55-4	Встановлення арматури окремими стрижнями зварюванням вузлів з арматурою у вигляді каркасівмасиви, окремі фундаменти та плитніоснови, діаметр арматури, мм понад 6 до 8	m	0,2	<u>33938,76</u> 3846,07	<u>225,11</u> 94,86	6787,75	769,21	<u>45,02</u> 18,97	<u>33,3600</u> 0,7560	<u>6,67</u> 0,15
10	КБ6-60-1	Укладання бетонної суміші в конструкцію бетононасосами	100 м3	0,198	<u>405632,15</u> 3093,97	<u>7064,01</u> 1502,61	80315,17	612,61	<u>1398,67</u> 297,52	<u>27,4800</u> 11,4958	<u>5,44</u> 2,28
11	КБ6-1-22	Улаштування стрічкових фундаментів залізобетонних	100м3	6,376	<u>689234,65</u> 48955,08	<u>9696,12</u> 5091,67	4394560,1 3	312137,59	<u>61822,46</u> 32464,49	<u>456,3300</u> 39,1711	<u>2909,56</u> 249,75
12	КБ6-52-9	Збирання та розбирання деревометалевої опалубки для влаштування фундаментівстрічкових глибиною закладення до 1,2 м, ширина,м понад 0,7	100 м3	0,2457	<u>192459,39</u> 90906,02	<u>69419,89</u> 38268,86	47287,27	22335,61	<u>17056,47</u> 9402,66	<u>779,6400</u> 294,0049	<u>191,56</u> 72,24
13	КБ6-55-4	Встановлення арматури окремими стрижнями зварюванням вузлів з арматурою у вигляді каркасівмасиви, окремі фундаменти та плитніоснови, діаметр арматури, мм понад 8 до 12	m	1,02	<u>33938,76</u> 3846,07	<u>225,11</u> 94,86	34617,54	3922,99	<u>229,61</u> 96,76	<u>33,3600</u> 0,7560	<u>34,03</u> 0,77
14	КБ6-60-1	Укладання бетонної суміші в конструкцію бетононасосами. Фундаменти стрічковішириною, мм понад 600	100 м3	4,53	<u>405632,15</u> 3093,97	<u>7064,01</u> 1502,61	1837513,6 4	14015,68	<u>31999,97</u> 6806,82	<u>27,4800</u> 11,4958	<u>124,48</u> 52,08
15	КБ7-42-2	Установлення блоків стін підвалів масою до 1 т	100шт	0,87	<u>40960,52</u> 8175,30	<u>25252,80</u> 10625,26	35635,65	7112,51	<u>21969,94</u> 9243,98	<u>77,1400</u> 78,2852	<u>67,11</u> 68,11
16	К581121-А014	Блоки бетонні для стін підвалів марки ФБС 9.6.6-Т ГОСТ 13579-78	шт	87	-	-	-	-	-	-	-
17	КБ7-42-3	Установлення блоків стін підвалів масою до 1,5 т	100шт	1,33	<u>63612,89</u> 12864,66	<u>40416,59</u> 16916,19	84605,14	17110,00	<u>53754,06</u> 22498,53	<u>118,4700</u> 126,2388	<u>157,57</u> 167,9
18	К581121-А004	Блоки бетонні для стін підвалів марки ФБС 24.6.6-Т ГОСТ 13579-78	шт	133	-	-	-	-	-	-	-
19	КБ8-3-3	Гідроізоляція стін, фундаментів горизонтальна обклеювальна в 2 шари	100м2	5,362	<u>89332,58</u> 3334,59	-	479001,29	17880,07	-	<u>30,3200</u> -	<u>162,58</u> -
20	КБ8-3-7	Гідроізоляція стін, фундаментів бокова обмазувальна бітумна в 2 шари по вирівняній поверхні бутового мурування, цегли, бетону	100м2	2,8704	<u>60744,02</u> 3862,22	-	174359,64	11086,12	-	<u>33,5000</u> -	<u>96,16</u> -

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
21	КБ1-27-2	Засипка траншей і котлованів бульдозерами потужністю 59 кВт [80 к.с.] з переміщенням ґрунту до 5 м, група ґрунтів 2	1000м3	4,152	<u>8221,37</u> -	<u>8221,37</u> 2279,27	34135,13	-	<u>34135,13</u> 9463,53	- 17,6730	- 73,38
22	КБ1-134-1	Ущільнення ґрунту пневматичними трамбівками	100м3	41,52	<u>3448,38</u> 1896,22	<u>1552,16</u> 582,91	143176,74	78731,05	<u>64445,69</u> 24202,42	<u>18,3600</u> 5,1175	<u>762,31</u> 212,48
		Разом прямі витрати по розділу 1					7812097,9 3	642226,42	<u>505412,29</u> 174288,36		<u>6111,94</u> 1319,21
		Разом будівельні роботи, грн.					7812097,9 3				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та комплектів, грн.					6664459,2 2				
		всього заробітна плата, грн.					816514,78				
		Загальновиробничі витрати, грн.					444752,96				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год.					891,77				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					161128,12				
		Всього будівельні роботи, грн.					8256850,8 9				

		Всього по розділу 1					8256850,8 9				
Розділ 2. Надземний цикл											
23	КБ6-52-9	Складання та розбирання дерев'яної щитової опалубки для влаштування колон заввишки понад 6 м, периметр, м до 4,6	100 м3	0,04992	<u>192459,39</u> 90906,02	<u>69419,89</u> 38268,86	9607,57	4538,03	<u>3465,44</u> 1910,38	<u>779,6400</u> 294,0049	<u>38,92</u> 14,68
24	КБ6-55-4	Встановлення арматури окремими стрижнями з зварюванням вузлів з арматурою у вигляді каркасів масиви, окремі фундаменти та плитні основи, діаметр арматури, мм понад 6 до 8	m	0,11	<u>33938,76</u> 3846,07	<u>225,11</u> 94,86	3733,26	423,07	<u>24,76</u> 10,43	<u>33,3600</u> 0,7560	<u>3,67</u> 0,08
25	КБ6-55-4	Встановлення арматури окремими стрижнями з зварюванням вузлів з арматурою у вигляді каркасів масиви, окремі фундаменти та плитні основи, діаметр арматури, мм понад 12 до 18	m	2,3933	<u>33938,76</u> 3846,07	<u>225,11</u> 94,86	81225,63	9204,80	<u>538,76</u> 227,03	<u>33,3600</u> 0,7560	<u>79,84</u> 1,81

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
26	КБ6-55-4	Встановлення арматури окремими стрижнями зварюванням вузлів з арматурою у вигляді каркасівмасиви, окремі фундаменти та плитніоснови, діаметр арматури, мм понад 18 до 26	m	436,8	<u>33938,76</u> 3846,07	<u>225,11</u> 94,86	14824450, 37	1679963,3 8	<u>98328,05</u> 41434,85	<u>33,3600</u> 0,7560	<u>14571,65</u> 330,22
27	КБ6-55-4	Встановлення арматури окремими стрижнями зварюванням вузлів з арматурою у вигляді каркасівмасиви, окремі фундаменти та плитніоснови, діаметр арматури, мм понад 26	m	1,612	<u>33938,76</u> 3846,07	<u>225,11</u> 94,86	54709,28	6199,86	<u>362,88</u> 152,91	<u>33,3600</u> 0,7560	<u>53,78</u> 1,22
28	КБ6-58-2	Укладання бетонної суміші в конструкції баддями: колони і стояки рам при найменшій стороні поперечного перерізу понад 300 мм до 500 мм	100 м3	0,1976	<u>424135,53</u> 20288,79	<u>28743,79</u> 16159,19	83809,18	4009,06	<u>5679,77</u> 3193,06	<u>189,1200</u> 123,6240	<u>37,37</u> 24,43
29	КБ6-52-9	Складання та розбирання дерев'яної щитової опалубки для влаштування балок перекриттів та об'язувальнихбалок заввишки, мм до 500	100 м3	0,78	<u>192459,39</u> 90906,02	<u>69419,89</u> 38268,86	150118,32	70906,70	<u>54147,51</u> 29849,71	<u>779,6400</u> 294,0049	<u>608,12</u> 229,32
30	КБ6-55-4	Встановлення арматури окремими стрижнями зварюванням вузлів у стрічкові фундаменти, прогони,ригелі, балки, діаметр арматури, мм понад 6 до 8	m	840	<u>33938,76</u> 3846,07	<u>225,11</u> 94,86	28508558, 40	3230698,8 0	<u>189092,40</u> 79682,40	<u>33,3600</u> 0,7560	<u>28022,4</u> 635,04
31	КБ6-55-4	Встановлення арматури окремими стрижнями зварюванням вузлів у стрічкові фундаменти, прогони,ригелі, балки, діаметр арматури, мм понад 8 до 12	m	2,532	<u>33938,76</u> 3846,07	<u>225,11</u> 94,86	85932,94	9738,25	<u>569,98</u> 240,19	<u>33,3600</u> 0,7560	<u>84,47</u> 1,91
32	КБ6-55-4	Встановлення арматури окремими стрижнями зварюванням вузлів у стрічкові фундаменти, прогони,ригелі, балки, діаметр арматури, мм понад 12 до 18	m	3,6	<u>33938,76</u> 3846,07	<u>225,11</u> 94,86	122179,54	13845,85	<u>810,40</u> 341,50	<u>33,3600</u> 0,7560	<u>120,1</u> 2,72
33	КБ6-55-4	Встановлення арматури окремими стрижнями зварюванням вузлів у стрічкові фундаменти, прогони,ригелі, балки, діаметр арматури, мм понад 18 до 26	m	30,012	<u>33938,76</u> 3846,07	<u>225,11</u> 94,86	1018570,0 7	115428,25	<u>6756,00</u> 2846,94	<u>33,3600</u> 0,7560	<u>1001,2</u> 22,69
34	КБ6-60-1	Укладання бетонної суміші в конструкції бетононасосами. Балки, прольоти, ригелі шириною, мм понад 250	100 м3	0,7826	<u>405632,15</u> 3093,97	<u>7064,01</u> 1502,61	317447,72	2421,34	<u>5528,29</u> 1175,94	<u>27,4800</u> 11,4958	<u>21,51</u> 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
35	КБ6-52-9	Складання та розбирання дерев'яної щитової опалубки для влаштування перекриттів [безбалочних] зплощею між осями колон понад 5 м2 до 10м2, товщина, мм понад 120 до 200	100 м3	3,55	<u>192459,39</u> 90906,02	<u>69419,89</u> 38268,86	683230,83	322716,37	<u>246440,61</u> 135854,45	<u>779,6400</u> 294,0049	<u>2767,72</u> 1043,72
36	КБ6-55-4	Встановлення арматури окремими стрижнями зварюванням вузлів у плити перекриття та покриття зподвійний арматурою, діаметр арматури, мм понад 18 до 26	m	48,65	<u>33938,76</u> 3846,07	<u>225,11</u> 94,86	1651120,67	187111,31	<u>10951,60</u> 4614,94	<u>33,3600</u> 0,7560	<u>1622,96</u> 36,78
37	КБ6-59-1	Укладання бетонної суміші в конструкції бетононасосами: перекриття безбалкові, площа між осями колон до 10 м2	100 м3	0,355	<u>394626,37</u> 14460,17	<u>5116,28</u> 2965,09	140092,36	5133,36	<u>1816,28</u> 1052,61	<u>131,4800</u> 20,0880	<u>46,68</u> 7,13
38	КБ7-45-6	Укладання панелей перекриття з обпиранням на дві сторони площею до 10 м2 [для будівництва в районах із сейсмічністю до 6 балів]	100шт	2,66	<u>105644,09</u> 38282,04	<u>32337,82</u> 14339,58	281013,28	101830,23	<u>86018,60</u> 38143,28	<u>332,0500</u> 118,2540	<u>883,25</u> 314,56
39	К584211-2001	Панелі перекриття з/б багатопустотні марки ПК42.18-8Т серія 1.141-1 вип.60	шт	1	-	-	-	-	-	-	-
40	К584211-2020	Панелі перекриття з/б багатопустотні марки ПК42.15-8Т серія 1.141-1 вип.60	шт	8	-	-	-	-	-	-	-
41	К584211-2021	Панелі перекриття з/б багатопустотні марки ПК36.15-8Т серія 1.141-1 вип.60	шт	20	-	-	-	-	-	-	-
42	К584211-2040	Панелі перекриття з/б багатопустотні марки ПК36.12-8Т серія 1.141-1 вип.60	шт	4	-	-	-	-	-	-	-
43	К584211-2059	Панелі перекриття з/б багатопустотні марки ПК36.10-8Т серія 1.141-1 вип.60	шт	12	-	-	-	-	-	-	-
44	К584211-2	Панелі перекриття з/б марки ПК60.18-8К7Т серія 1.141-1 вип.62	шт	16	-	-	-	-	-	-	-
45	К584211-3	Панелі перекриття з/б марки ПК57.18-8К7Т серія 1.141-1 вип.62	шт	4	-	-	-	-	-	-	-
46	К584211-17	Панелі перекриття з/б марки ПК60.15-8К7Т серія 1.141-1 вип.62	шт	180	-	-	-	-	-	-	-
47	К584211-18	Панелі перекриття з/б марки ПК57.15-8К7Т серія 1.141-1 вип.62	шт	4	-	-	-	-	-	-	-
48	К584211-32	Панелі перекриття з/б марки ПК60.12-8К7Т серія 1.141-1 вип.62	шт	4	-	-	-	-	-	-	-
49	К584211-47 варіант 1	Панелі перекриття з/б марки ПК60.10-8К7Т серія 1.141-1 вип.62	шт	13	<u>8117,14</u> -	-	105522,82	-	-	-	-
50	КБ8-5-1	Мурування зовнішніх простих стін з цегли керамічної при висоті поверху до 4 м	1 м3	687,6	<u>1664,71</u> 890,44	<u>135,37</u> 79,99	1144654,60	612266,54	<u>93080,41</u> 55001,12	<u>8,2000</u> 0,6120	<u>5638,32</u> 420,81

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
51	C1422-10934	Цегла керамічна одинарна повнотіла, розміри 250x120x65 мм, марка М150	1000шт	270,9144	<u>11079,69</u>	-	3001647,57	-	-	-	-
52	КБ8-5-7	Мурування внутрішніх стін з цегли керамічної при висоті поверху до 4 м	1 м3	537,9	<u>1751,74</u> 929,04	<u>135,37</u> 79,99	942260,95	499730,62	<u>72815,52</u> 43026,62	<u>8,6600</u> 0,6120	<u>4658,21</u> 329,19
53	C1422-10932	Цегла керамічна одинарна повнотіла, розміри 250x120x65 мм, марка М200	1000шт	212,4705	<u>13252,13</u>	-	2815686,69	-	-	-	-
54	КБ8-6-5	Мурування перегородок неармованих з цегли керамічної товщиною в 1/2 цегли при висоті поверху до 4 м	100м2	1,56	<u>29381,37</u> 21524,96	<u>1269,46</u> 750,15	45834,94	33578,94	<u>1980,36</u> 1170,23	<u>191,1800</u> 5,7392	<u>298,24</u> 8,95
55	C1422-10932	Цегла керамічна одинарна повнотіла, розміри 250x120x65 мм, марка М200	1000шт	7,8624	<u>13252,13</u>	-	104193,55	-	-	-	-
56	КБ7-44-10	Укладання перемичок масою до 0,3 т	100шт	2,28	<u>8436,29</u> 2274,33	<u>5442,62</u> 2498,82	19234,74	5185,47	<u>12409,17</u> 5697,31	<u>21,4600</u> 20,4483	<u>48,93</u> 46,62
57	К582821-554	Перемички з/б марки 1ПБ13-1 серія 1.038.1-1 вип.1	шт	12	-	-	-	-	-	-	-
58	К582821-558	Перемички з/б марки 2ПБ13-1 серія 1.038.1-1 вип.1	шт	108	-	-	-	-	-	-	-
59	К582821-560	Перемички з/б марки 2ПБ16-2 серія 1.038.1-1 вип.1	шт	15	-	-	-	-	-	-	-
60	К582821-576	Перемички з/б марки 3ПБ13-37 серія 1.038.1-1 вип.1	шт	6	-	-	-	-	-	-	-
61	К582821-586	Перемички з/б марки 3ПБ25-8 серія 1.038.1-1 вип.1	шт	6	-	-	-	-	-	-	-
62	К582821-649	Перемички з/б марки 3ПП27-71 серія 1.038.1-1 вип.2	шт	36	-	-	-	-	-	-	-
63	К582821-696	Перемички з/б марки 9ПБ13-37 серія 1,038.1-1 вип.4	шт	18	-	-	-	-	-	-	-
64	К582821-700	Перемички з/б марки 9ПБ18-37 серія 1,038.1-1 вип.4	шт	15	-	-	-	-	-	-	-
65	К582821-811	Перемички з/б марки 10ПБ18-27 серія 1,038.1-1 вип.4	шт	12	-	-	-	-	-	-	-
66	КБ7-47-4	Установлення сходових маршів без зварювання масою більше 1 т	100шт	0,02	<u>67116,59</u> 35083,62	<u>30277,79</u> 15899,90	1342,33	701,67	<u>605,56</u> 318,00	<u>319,0000</u> 125,3406	<u>6,38</u> 2,51
67	К589121-К925	Сходові марші 1ЛМ27.11.14-4-1 серія 87 ч 10 розд 10.2	шт	2	-	-	-	-	-	-	-
68	КБ7-60-2	Установлення металевої огорожі з поручнями із хвойних порід	100м	0,45	<u>29705,15</u> 22655,38	<u>911,01</u> 336,43	13367,32	10194,92	<u>409,95</u> 151,39	<u>194,3000</u> 2,8848	<u>87,44</u> 1,3
69	КБ10-20-3	Заповнення віконних прорізів готовими блоками площею до 3 м2 з металопластику [виробництво Німеччина, США] в кам'яних стінах	100м2	0,4374	<u>39455,50</u> 13621,27	<u>907,57</u> 667,31	17257,84	5957,94	<u>396,97</u> 291,88	<u>113,3500</u> 5,3966	<u>49,58</u> 2,36

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
70	C123-37-1	Блоки віконні для громадських будівель з подвійним склінням із спареними стулками одноствулчасті, ОС 21-13,5Г, площа 2,72 м2	м2	24,3	<u>2165,66</u> -	-	52625,54	-	-	-	-
71	C123-37	Блоки віконні для громадських будівель з подвійним склінням із спареними стулками одноствулчасті, ОС 21-12Г, площа 2,41м2	м2	19,44	<u>2246,66</u> -	-	43675,07	-	-	-	-
72	КБ10-20-4	Заповнення віконних прорізів готовими блоками площею більше 3 м2 з металопластику [виробництво Німеччина, США] в кам'яних стінах	100м2	4,0035	<u>29796,43</u> 10415,13	<u>710,18</u> 522,17	119290,01	41696,97	<u>2843,21</u> 2090,51	<u>86,6700</u> 4,2229	<u>346,98</u> 16,91
73	C123-37-1	Блоки віконні для громадських будівель з подвійним склінням із спареними стулками одноствулчасті, ОС 21-13,5Г, площа 2,72 м2	м2	1	<u>2165,66</u> -	-	2165,66	-	-	-	-
74	КБ10-28-2	Заповнення дверних отворів готовими імпортованими дверними блоками площею до 3 м2 з металопластику "RENAU" [виробництво Німеччина] або "CONCORDE INTERNATIONAL" [виробництво США] у кам'яних стінах	100м2	1,2075	<u>24091,19</u> 9029,99	<u>4923,53</u> 1656,70	29090,11	10903,71	<u>5945,16</u> 2000,47	<u>79,2800</u> 11,0550	<u>95,73</u> 13,35
75	C123-199	Блоки дверні внутрішні щитової конструкції одноповерхові з глухим полотном, ДГ 21-9, площа 1,80 м2	м2	75	<u>2653,67</u> -	-	199025,25	-	-	-	-
76	КБ10-28-3	Заповнення дверних отворів готовими імпортованими дверними блоками площею більше 3 м2 з металопластику "RENAU" [виробництво Німеччина] або "CONCORDE INTERNATIONAL" [виробництво США] у кам'яних стінах	100м2	0,6063	<u>20220,35</u> 6820,33	<u>4556,10</u> 1533,07	12259,60	4135,17	<u>2762,36</u> 929,50	<u>59,8800</u> 10,2300	<u>36,31</u> 6,2
		Разом прямі витрати по розділу 2					56684934,01	6988520,61	<u>903780,00</u> 451407,65		<u>61229,76</u> 3523,51
		Разом будівельні роботи, грн.					56684934,01				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та комплектів, грн.					48792633,40				
		всього заробітна плата, грн.					7439928,26				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Загальновиробничі витрати, грн.					3951289,60				
		трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год.					7770,41				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					1404030,56				
		Всього будівельні роботи, грн.					60636223,61				

		Всього по розділу 2					60636223,61				
		Розділ 3. Покрівля									
77	КБ12-20-3	Улаштування пароізоляції прокладної в один шар	100м2	8,385	<u>11530,49</u>	<u>128,65</u>	96683,16	10116,33	<u>1078,73</u>	<u>10,9700</u>	<u>91,98</u>
					1206,48	52,36			439,04	0,4017	3,37
78	КБ12-22-1	Улаштування вирівнюючих стяжок цементно-піщаних товщиною 15 мм	100м2	8,385	<u>10893,84</u>	<u>2021,34</u>	91344,85	30049,41	<u>16948,94</u>	<u>38,3900</u>	<u>321,9</u>
					3583,71	855,87			7176,47	6,4686	54,24
79	КБ12-18-2	Утеплення покриттів плитами з пінопласту полістирольного на бітумній мастиці на кожний наступний шар	100м2	9,0729	<u>8429,78</u>	<u>614,09</u>	76482,55	19687,38	<u>5571,58</u>	<u>21,0100</u>	<u>190,62</u>
					2169,91	263,94			2394,70	1,9888	18,04
80	С114-97	Плити теплоізоляційні з пінопласту полістирольного, марка ПСБС-40	м3	635,103	<u>3872,54</u>	-	2459461,7	-	-	-	-
					-	-	7		-	-	-
81	КР18-16-4	Улаштування основ та покриттів товщиною 15 см профілювальником із готової цементно-ґрунтової суміші із щебеневи, гравійних, гравійно[щебенево]-піщаних та золошлакових ґрунтів	100м2	8,385	<u>4817,99</u>	<u>934,85</u>	40398,85	16575,30	<u>7838,72</u>	<u>19,1400</u>	<u>160,49</u>
					1976,78	378,81			3176,32	2,5073	21,02
82	КБ12-22-1	Улаштування вирівнюючих стяжок цементно-піщаних товщиною 15 мм	100м2	5,293	<u>10893,84</u>	<u>2021,34</u>	57661,10	18968,58	<u>10698,95</u>	<u>38,3900</u>	<u>203,2</u>
					3583,71	855,87			4530,12	6,4686	34,24
83	КБ12-7-2	Улаштування примикань рулонних і мастичних покрівель до стін і парапетів висотою більше 600 мм з одним фартухом	100м	0,883	<u>77774,67</u>	<u>533,95</u>	68675,03	6362,92	<u>471,48</u>	<u>66,3600</u>	<u>58,6</u>
					7206,03	228,94			202,15	1,7249	1,52
84	КБ12-15-1	Улаштування дрібних покриттів [брандмауери, парапети, звиси і т.п.] із листової оцинкованої сталі	100м2	1,3609	<u>81705,39</u>	<u>215,78</u>	111192,87	18665,53	<u>293,66</u>	<u>132,8000</u>	<u>180,73</u>
					13715,58	74,65			101,59	0,5247	0,71
85	КБ12-15-1	Влаштування покриття тротуарною плиткою	100м2	5,29	<u>81705,39</u>	<u>215,78</u>	432221,51	72555,42	<u>1141,48</u>	<u>132,8000</u>	<u>702,51</u>
					13715,58	74,65			394,90	0,5247	2,78
86	С1426-11776	Плитки цементно-піщані для тротуарів квадратні, довжина 200-400 мм, ширина 200-400 мм, товщина 50 мм, бетон В22,5 [М300] [МР3150]	м2	529	<u>542,58</u>	-	287024,82	-	-	-	-
					-	-			-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
87	КБ12-2-1	Улаштування покрівель плоских чотиришарових із рулонних покрівельних матеріалів на бітумній мастиці	100м2	3,09	<u>66438,54</u> 3428,39	<u>731,17</u> 314,11	205295,09	10593,73	<u>2259,32</u> 970,60	<u>30,1000</u> 2,3651	<u>93,01</u> 7,31
		Разом прямі витрати по розділу 3					3926441,60	203574,60	46302,86 19385,89		<u>2003,04</u> 143,23
		Разом будівельні роботи, грн.					3926441,60				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та комплектів, грн.					3676564,14				
		всього заробітна плата, грн.					222960,49				
		Загальновиробничі витрати, грн.					125452,84				
		трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год.					257,54				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					46537,12				
		Всього будівельні роботи, грн.					4051894,44				

		Всього по розділу 3					4051894,44				
		Розділ 4. Оздоблювальний цикл									
88	КБ15-55-3	Підготовлення поверхонь стелі	100м2	22,198	<u>1247,37</u> 1022,47	<u>4,41</u> 4,00	27689,12	22696,79	<u>97,89</u> 88,79	<u>9,9000</u> 0,0333	<u>219,76</u> 0,74
89	КБ15-182-2	Шпаклювання стель мінеральною шпаклівкою "Cerezit"	100м2	22,198	<u>14906,70</u> 11044,19	<u>5,88</u> 5,34	330898,93	245158,93	<u>130,52</u> 118,54	<u>100,4200</u> 0,0444	<u>2229,12</u> 0,99
90	КБ15-45-2	Просте штукатурення вапняним розчином по каменю і бетону стін	100м2	48,3147	<u>13167,78</u> 7698,90	<u>195,08</u> 177,43	636197,34	371970,04	<u>9425,23</u> 8572,48	<u>68,3800</u> 1,7449	<u>3303,76</u> 84,3
91	КБ15-168-5	Високоякісне фарбування стін білилами по штукатурці	100м2	6,21	<u>25973,51</u> 13927,87	<u>2,94</u> 2,67	161295,50	86492,07	<u>18,26</u> 16,58	<u>119,4500</u> 0,0222	<u>741,78</u> 0,14
92	КБ15-251-2	Обклеювання стін тисненими шпалерами по штукатурці і бетону	100м2	24,56	<u>7506,91</u> 4629,70	<u>1,47</u> 1,33	184369,71	113705,43	<u>36,10</u> 32,66	<u>41,1200</u> 0,0111	<u>1009,91</u> 0,27
93	КБ15-165-10	Поліпшене фарбування стін колером олійним по збірних конструкціях, підготовлених під фарбування	100м2	17,54	<u>12274,13</u> 5518,80	<u>1,47</u> 1,33	215288,24	96799,75	<u>25,78</u> 23,33	<u>50,1800</u> 0,0111	<u>880,16</u> 0,19
94	КБ15-24-1	Облицювання керамічними глазурованими плитками поверхонь стін по цеглі та бетону у житлових будівлях	100м2	5,1807	<u>84217,53</u> 34184,58	<u>67,15</u> 47,83	436305,76	177100,05	<u>347,88</u> 247,79	<u>303,6200</u> 0,3997	<u>1572,96</u> 2,07
95	КБ15-79-2	Улаштування систем термофасадів по технологии "Interstone"	100 м2	13,4829	<u>30647,53</u> 29690,40	<u>957,13</u> 830,18	413217,58	400312,69	<u>12904,89</u> 11193,23	<u>247,0700</u> 7,8221	<u>3331,22</u> 105,46

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
96	КБ27-22-1	Улаштування асфальтобетонного покриття доріжок і тротуарів одношарових із литої асфальтобетонної суміші за товщини 3 см	100м2	0,01	<u>3573,62</u> 1775,08	-	35,74	17,75	-	<u>15,9500</u>	<u>0,16</u>
97	КБ27-22-2 к=2	Улаштування асфальтобетонного покриття доріжок і тротуарів одношарових, на кожні 0, 5 см зміни товщини шару додавати або вилучати до/з норми 27-22-1	100м2	0,01	<u>574,21</u> 574,21	-	5,74	5,74	-	<u>5,1000</u>	<u>0,05</u>
Разом прямі витрати по розділу 4							2405303,6 6	1514259,2 4	<u>22986,55</u> 20293,40		<u>13288,88</u> 194,16
Разом будівельні роботи, грн.							2405303,6 6				
в тому числі:							868057,87				
вартість матеріалів, виробів та комплектів, грн.							1534552,6 4				
всього заробітна плата, грн.							819338,02				
Загальновиробничі витрати, грн.							1617,96				
трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год.							292350,56				
заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.							3224641,6 8				
Всього будівельні роботи, грн.											

Всього по розділу 4							3224641,6 8				
Розділ 5. Підлоги											
98	КБ11-11-1	Улаштування стяжок цементних товщиною 20 мм	100м2	23,2064	<u>12534,57</u> 5809,50	<u>136,62</u> 124,05	290882,25	134817,58	<u>3170,46</u> 2878,75	<u>56,2500</u> 1,0323	<u>1305,36</u> 23,96
99	КБ11-4-5	Улаштування гідроізоляції обмазувальної бітумною мастикою в один шар товщиною 2 мм	100м2	23,2064	<u>10534,75</u> 3696,22	<u>10,28</u> 9,34	244473,62	85775,96	<u>238,56</u> 216,75	<u>31,7000</u> 0,0777	<u>735,64</u> 1,8
100	КБ11-39-3	Улаштування покриттів з лінолеуму ПВХ на клеї зі зварюванням полотнища у стиках	100м2	1,825	<u>35314,72</u> 7886,93	<u>11,75</u> 10,67	64449,36	14393,65	<u>21,44</u> 19,47	<u>70,0500</u> 0,0888	<u>127,84</u> 0,16
101	КБ11-36-3	Улаштування покриттів з паркету штучного без жилок по готовій основі на мастиці клеючій каучукової, кількість планок на 1 м2 до 80 штук	100м2	6,84	<u>156882,84</u> 11896,86	<u>44,07</u> 40,02	1073078,6 3	81374,52	<u>301,44</u> 273,74	<u>104,4500</u> 0,3330	<u>714,44</u> 2,28
102	КБ11-36-2	Улаштування покриттів з паркету мозаїчного по готовій основі на мастиці клеючій каучукової	100м2	3,92	<u>145451,48</u> 12957,44	<u>44,07</u> 40,02	570169,80	50793,16	<u>172,75</u> 156,88	<u>112,3900</u> 0,3330	<u>440,57</u> 1,31

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
103	КБ15-171-2	Покриття підлог лаком по обґрунтованій абопофарбованій поверхні за 2 рази	100м2	10,7694	<u>8482,67</u> 2167,71	<u>1,47</u> 1,33	91353,27	23344,94	<u>15,83</u> 14,32	<u>19,7100</u> 0,0111	<u>212,26</u> 0,12
104	КБ11-42-2	Улаштування плінтусів дерев'яних з кріпленням шурупами	100м	9,12	<u>5374,76</u> 1264,15	<u>2,94</u> 2,67	49017,81	11529,05	<u>26,81</u> 24,35	<u>12,2400</u> 0,0222	<u>111,63</u> 0,2
105	КБ11-28-2	Улаштування покриттів із плиток керамічних багатокольорових на цементному розчині	100м2	2,3778	<u>73719,45</u> 17206,64	<u>186,67</u> 149,78	175290,11	40913,95	<u>443,86</u> 356,15	<u>160,3900</u> 1,2489	<u>381,38</u> 2,97
106	КБ11-15-1	Улаштування покриттів бетонних товщиною 30 мм	100м2	2,277	<u>18968,38</u> 5965,24	<u>205,66</u> 186,75	43191,00	13582,85	<u>468,29</u> 425,23	<u>57,0400</u> 1,5540	<u>129,88</u> 3,54
		Разом прямі витрати по розділу 5					2601905,8 5	456525,66	<u>4859,44</u> 4365,64		<u>4159</u> 36,34
		Разом будівельні роботи, грн.					2601905,8 5				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та комплектів, грн.					2140520,7 5				
		всього заробітна плата, грн.					460891,30				
		Загальновиробничі витрати, грн.					251071,23				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год.					503,44				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					90966,63				
		Всього будівельні роботи, грн.					2852977,0 8				

		Всього по розділу 5					2852977,0 8				
		Разом прямі витрати по кошторису					73430683, 05	9805106,5 3	<u>1483341,1</u> 4 669740,94		<u>86792,62</u> 5216,45
		Разом будівельні роботи, грн.					73430683, 05				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та комплектів, грн.					62142235, 38				
		всього заробітна плата, грн.					10474847, 47				
		Загальновиробничі витрати, грн.					5591904,6 5				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год.					11041,12				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					1995012,9 9				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Всього будівельні роботи, грн.					79022587, 70				

		Всього по кошторису					79022587, 70				
		Кошторисна трудомісткість, люд.год.					103050,19				
		Кошторисна заробітна плата, грн.					12469860, 46				

Склав

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Підсумкова відомість ресурсів

№ Ч.ч.	Шифр ресурсу	Найменування	Одиниця виміру	Кількість	Поточна ціна за одиницю, грн.	у тому числі:			Обґрунтування ціни
						відпускна ціна, грн.	транс- портна складова, грн.	заготі- вельно- складські витрати, грн.	
					всього, грн.	всього, грн.	всього, грн.	всього, грн.	
1	2	3	4	5	6/7	8/9	10/11	12/13	14
		<u>I. Витрати труда</u>							
1	1	Витрати труда робітників-будівельників	люд.год	86792,62	112,97				
2		Середній розряд робіт, що виконуються робітниками-будівельниками	розряд	3,7					
3	27	Витрати труда робітників-монтажників	люд.год	-	-				
4		Середній розряд робіт, що виконуються робітниками-монтажниками	розряд	-					
5		Витрати труда робітників, зайнятих керуванням та обслуговуванням машин	люд.год	5216,45	128,39				
6		Середній розряд ланки робітників, зайнятих керуванням та обслуговуванням машин	розряд	4,7					
7		Витрати труда робітників, зайнятих керуванням та обслуговуванням автотранспорту при перевезенні ґрунту і будівельного сміття	люд.год	-	-				
8		Витрати труда пусконаладжувального персоналу	люд.год	-	-				
9		Витрати труда робітників, заробітна плата яких враховується в складі:							
9.1		загальновиробничих витрат	люд.год	11041,12	180,69				
9.2		коштів на зведення та розбирання тимчасових будівель і споруд	люд.год	-					
9.3		коштів на виконання будівельних робіт:							
9.4		у зимовий період	люд.год	-					
		у літній період	люд.год	-					

1	2	3	4	5	6/7	8/9	10/11	12/13	14
	Разом кошторисна трудомісткість		люд.год	103050,19					
	Середній розряд робіт		розряд	3,7					
	II. Будівельні машини і механізми								
10	КБМ211-105	Автобетононасоси, продуктивність 65 м3/год	маш. год	25,238548	1542,36				
11	КБМ212-202	Автогрейдери середнього типу, потужність 99 кВт [135 к.с.]	маш. год	0,25155	38926,93				
12	КБМ212-101	Автогудронатори, місткість 3500 л	маш. год	0,3354	1030,51				
13	КБМ201-12	Автомобілі бортові, вантажопідйомність 5 т	маш. год	279,484041	259,22				
14	КБМ203-101	Автонавантажувачі, вантажопідйомність 5 т	маш. год	1,492288	904,71				
15	КБМ210-1207	Агрегати електронасосні з регулюванням подачі вручну для будівельних розчинів, подача 2 м3/год, напір 150 м	маш. год	49,51436	303,44				
16	КБМ211-201	Бетононасоси при роботі на будівництві тунелів, подача 10 м3/год [пересувні]	маш. год	5,751	393,39				
17	КБМ207-148	Бульдозери, потужність 59 кВт [80 к.с.]	маш. год	56,8824	109946,23				
18	КБМ207-149	Бульдозери, потужність 79 кВт [108 к.с.]	маш. год	32,0318159	540,36				
19	КБМ233-1400	Верстат каменерізний універсальний	маш. год	61,077537	806,37				
20	КБМ233-261	Верстат трубогиганальний гідравлічний	маш. год	765,480408	13,03				
21	КБМ206-248	Експаватори одноковшеві дизельні на гусеничному ході, місткість ковша 0,65 м3	маш. год	230,0189216	645,17				
22	КБМ205-101	Компресори пересувні з двигуном внутрішнього згоряння, тиск до 686 кПа [7 ат], продуктивність 2,2 м3/хв	маш. год	184,764	315,82				
23	КБМ205-102	Компресори пересувні з двигуном внутрішнього згоряння, тиск до 686 кПа [7 ат], продуктивність 5 м3/хв	маш. год	38,5696674	1816,28				

1	2	3	4	5	6/7	8/9	10/11	12/13	14
24	КБМ212-910	Котки дорожні самохідні на пневмоколісному ходу, маса 16 т	маш. год	0,75465	993,4				
25	КБМ202-970	Кран переносний, вантажопідйомність 1 т	маш. год	35,460027	749,67				
26	КБМ202-128	Крани баштові, вантажопідйомність 5 т	маш. год	686,188807	117,89				
27	КБМ202-129	Крани баштові, вантажопідйомність 8 т	маш. год	1571,181548	4180,38				
28	КБМ202-1140	Крани на автомобільному ходу, вантажопідйомність 6,3 т	маш. год	15,471612	300,82				
29	КБМ202-1141	Крани на автомобільному ходу, вантажопідйомність 10 т	маш. год	38,430034	206419,32				
30	КБМ202-1243	Крани на гусеничному ходу, вантажопідйомність до 16 т	маш. год	74,4569	355,74				
31	КБМ203-850	Навантажувачі одноковшеві, вантажопідйомність 1 т	маш. год	0,034476	558932,12				
32	КБМ203-1090	Підіймачі вантажопасажирські, вантажопідйомність 0,8 т	маш. год	15,923019	667,03				
33	КБМ203-1080	Підіймачі щоглові будівельні, вантажопідйомність 0,5 т	маш. год	37,226355	10320,03				
34	КБМ233-345	Прес-ножиці комбіновані	маш. год	1299,426169	668,05				
35	КБМ212-1102	Профілювальник основ	маш. год	15,5961	25673,18				
36	КБМ211-251	Розчинонасос, продуктивність 1 м3/год	маш. год	77,786667	620,76				
37	КБМ204-502	Установка для зварювання ручного дугового [постійного струму]	маш. год	2245,859764	46219,87				
		Разом по розділу II в тому числі енергоносії:	грн.		404,44				
		Бензин	кг	950,366	13,94				
		Дизельне паливо	кг	4246,942	203,49				
		Електроенергія	кВт-год	43673,538	3240,18				
		Мастильні матеріали	кг	480,739	146,9				
		Гідравлічна рідина	кг	45,312	5468,55				
		Будівельні машини, враховані в складі загальноновиробничих витрат			67,44				
38	КБМ211-101	Бадді, місткість 2 м3	маш. год	170,989892	87633,30				
39	КБМ270-117	Вібратори глибинні	маш. год	124,540548	418,46				

1	2	3	4	5	6/7	8/9	10/11	12/13	14
40	КБМ270-50	Вібратори для усіх видів будівництва, крім гідротехнічного	маш. год	6,609252					
41	КБМ270-116	Вібратори поверхневі	маш. год	132,19703					
42	КБМ212-500	Гудронатори ручні	маш. год	0,0006					
43	КБМ270-115	Дрилі електричні	маш. год	46,070049					
44	КБМ200-40	Котел електричний бітумний, місткість 1 м3	маш. год	61,848026					
45	КБМ270-108	Котли бітумні пересувні, місткість 400 л	маш. год	138,310144					
46	КБМ270-241	Машина паркетно-шліфувальна	маш. год	75,32					
47	КБМ270-122	Машини паркетно-стругальні	маш. год	59,18					
48	КБМ270-135	Перфоратори електричні	маш. год	314,860853					
49	КБМ270-90	Пилка дискова електрична	маш. год	148,488					
50	КБМ270-236	Пилосос промисловий	маш. год	65,098					
51	КБМ200-68	Пістолет монтажний	маш. год	6,75495					
52	КБМ233-1100	Трамбівки пневматичні при роботі від компресора	маш. год	741,132					
53	КБМ205-920	Фен для зварювання поліетиленових листів	маш. год	17,4835					
54	КБМ270-119	Шуруповерти	маш. год	454,397277					
III. Будівельні матеріали, вироби і комплекти									
55	С111-9	Азбест хризолітовий, марка К-6-30	т	0,1856512	<u>7046,2</u>	<u>6449,78</u>	<u>458,26</u>	<u>138,16</u>	
					1308,14	1197,41	85,08	25,65	
56	С111-1150-ДР	Арматура СТ-3 діаметром 10 мм	т	45,6336	<u>29605,39</u>	<u>29119,21</u>	<u>265,79</u>	<u>220,39</u>	
					1351000,53	1328814,38	12128,95	10057,20	
57	С111-1150-ДР варіант 2	Арматура СТ-3 діаметром 18 мм	т	5,9933	<u>29605,39</u>	<u>29119,21</u>	<u>265,79</u>	<u>220,39</u>	
					177433,98	174520,16	1592,96	1320,86	
58	С111-1150-ДР варіант 3	Арматура СТ-3 діаметром 26 мм	т	515,462	<u>29605,39</u>	<u>29119,21</u>	<u>265,79</u>	<u>220,39</u>	
					15260453,5	15009846,2	137004,64	113602,67	
					4	3			
59	С111-1150-ДР варіант 4	Арматура СТ-3 діаметром 30 мм	т	1,612	<u>29605,39</u>	<u>29119,21</u>	<u>265,79</u>	<u>220,39</u>	
					47723,89	46940,17	428,45	355,27	
60	С111-1150-ДР варіант 1	Арматура СТ-3 діаметром 8 мм	т	840,31	<u>29605,39</u>	<u>29119,21</u>	<u>265,79</u>	<u>220,39</u>	
					24877705,2	24469163,3	223345,99	185195,92	
					7	6			
61	С111-1600	Бензин розчинник	т	1,322765	<u>28459,51</u>	<u>27388,78</u>	<u>512,7</u>	<u>558,03</u>	
					37645,24	36228,92	678,18	738,14	
62	С111-384-1	Білило густотерте цинкове	т	0,41915574	<u>193850,09</u>	<u>189545,48</u>	<u>503,63</u>	<u>3800,98</u>	
					81253,38	79449,08	211,10	1593,20	
63	С111-74	Бітуми нафтові будівельні, марка БН-70/30	т	0,4409216	<u>24759,65</u>	<u>23739,93</u>	<u>534,24</u>	<u>485,48</u>	
					10917,06	10467,45	235,56	214,05	

1	2	3	4	5	6/7	8/9	10/11	12/13	14
64	C111-73	Бітуми нафтові будівельні, марка БН-90/10	т	3,6434048	<u>25039,12</u> 91227,65	<u>24013,92</u> 87492,43	<u>534,24</u> 1946,45	<u>490,96</u> 1788,77	
65	C111-1561	Бітуми нафтові дорожні МГ і СГ, рідкі	т	0,0006	<u>24162,04</u> 14,50	<u>23100,29</u> 13,86	<u>587,98</u> 0,35	<u>473,77</u> 0,29	
66	K581121-A004	Блоки бетонні для стін підвалів марки ФБС 24.6.6-Т ГОСТ 13579-78	шт	133	-	-	-	-	
67	K581121-A014	Блоки бетонні для стін підвалів марки ФБС 9.6.6-Т ГОСТ 13579-78	шт	87	-	-	-	-	
68	C123-37	Блоки віконні для громадських будівель з подвійним склінням із спареними стулками одностулчасті, ОС 21-12Г, площа 2,41м2	м2	19,44	<u>2246,66</u> 43675,07	<u>2195,56</u> 42681,69	<u>7,05</u> 137,05	<u>44,05</u> 856,33	
69	C123-37-1	Блоки віконні для громадських будівель з подвійним склінням із спареними стулками одностулчасті, ОС 21-13,5Г, площа 2,72 м2	м2	25,3	<u>2165,66</u> 54791,20	<u>2116,50</u> 53547,45	<u>6,7</u> 169,51	<u>42,46</u> 1074,24	
70	C123-199	Блоки дверні внутрішні щитової конструкції однопольні з глухим полотном, ДГ 21-9, площа 1,80 м2	м2	75	<u>2653,67</u> 199025,25	<u>2584,36</u> 193827,00	<u>17,28</u> 1296,00	<u>52,03</u> 3902,25	
71	C111-91	Болти із шестигранною головкою, діаметр різьби 12-[14] мм	т	0,0002028	<u>60850,51</u> 12,34	<u>59318,57</u> 12,03	<u>338,79</u> 0,07	<u>1193,15</u> 0,24	
72	C1113-101	Борошно андезитове кислототривке, марка А	т	2,9008	<u>5236,62</u> 15190,39	<u>4666,61</u> 13536,90	<u>467,33</u> 1355,63	<u>102,68</u> 297,86	
73	C112-29	Бруси обрізні з хвойних порід, довжина 4-6,5 м, ширина 75-150 мм, товщина 100, 125 мм, III сорт	м3	0,001196	<u>10060,84</u> 12,03	<u>9640,11</u> 11,53	<u>223,46</u> 0,27	<u>197,27</u> 0,23	
74	C112-25	Бруски обрізні з хвойних порід, довжина 4-6, 5 м, ширина 75-150 мм, товщина 40-75 мм, III сорт	м3	0,259389	<u>8593,34</u> 2229,02	<u>8201,38</u> 2127,35	<u>223,46</u> 57,96	<u>168,5</u> 43,71	
75	C111-253	Вапно будівельне негашене грудкове, сорт 1	т	0,1594	<u>5157,79</u> 822,15	<u>4602,94</u> 733,71	<u>453,72</u> 72,32	<u>101,13</u> 16,12	
76	+C142-10-2	Вода	м3	196,7260752	-	-	-	-	
77	C1555-307	Герметик силіконовий	кг	44,38687	<u>405,32</u> 17990,89	<u>396,92</u> 17618,04	<u>0,45</u> 19,97	<u>7,95</u> 352,88	
78	C111-1564	Гідроізол	м2	1179,64	<u>68,86</u> 81230,01	<u>67,14</u> 79201,03	<u>0,37</u> 436,47	<u>1,35</u> 1592,51	
79	C111-223	Ґрунтовка В-КФ-093 червоно-коричнева, сіра, чорна	т	0,01995	<u>285110,8</u> 5687,96	<u>279016,76</u> 5566,38	<u>503,63</u> 10,05	<u>5590,41</u> 111,53	
80	C111-1624	Ґрунтовка бітумна	т	0,658592	<u>570937,42</u> 376014,82	<u>559238,94</u> 368310,29	<u>503,63</u> 331,69	<u>11194,85</u> 7372,84	
81	C111-1624-2	Ґрунтовка глибокого проникнення	л	320,31714	<u>59,58</u> 19084,50	<u>57,68</u> 18475,89	<u>0,73</u> 233,83	<u>1,17</u> 374,78	

1	2	3	4	5	6/7	8/9	10/11	12/13	14
82	C111-1623	Грунтовки олійні, готові до застосування	т	0,184956	<u>297739,02</u> 55068,62	<u>291397,37</u> 53895,69	<u>503,63</u> 93,15	<u>5838,02</u> 1079,78	
83	C121-777	Деталі кріплення рейок, елементи кріплення підвісних стель, трубопроводів, повітроводів, закладні деталі, деталі кріплення стінових панелей, воріт, рам, ґрат тощо масою не більше 50 кг, з перевагою профільного прокату, такі, що складаються з двох та більше деталей, з отворами та без отворів, які з'єднуються на зварюванні	т	0,28196	<u>108838,18</u> 30688,01	<u>107673,43</u> 30359,60	<u>354,54</u> 99,97	<u>810,21</u> 228,44	
84	C112-73	Дошки необрізні з хвойних порід, довжина 4-6,5 м, усі ширини, товщина 25 мм, III сорт	м3	0,007762	<u>5781,15</u> 44,87	<u>5444,33</u> 42,26	<u>223,46</u> 1,73	<u>113,36</u> 0,88	
85	C112-180	Дошки обрізні з берези, липи, довжина 2-3, 75 м, усі ширини, товщина 25, 32, 40 мм, I сорт	м3	0,048748	<u>9322,83</u> 454,47	<u>8916,57</u> 434,66	<u>223,46</u> 10,89	<u>182,8</u> 8,92	
86	C112-53	Дошки обрізні з хвойних порід, довжина 4-6, 5 м, ширина 75-150 мм, товщина 25 мм, III сорт	м3	0,04056	<u>7926,73</u> 321,51	<u>7547,84</u> 306,14	<u>223,46</u> 9,06	<u>155,43</u> 6,31	
87	C112-61	Дошки обрізні з хвойних порід, довжина 4-6, 5 м, ширина 75-150 мм, товщина 44 мм і більше, III сорт	м3	3,277721	<u>7587,54</u> 24869,84	<u>7215,30</u> 23649,74	<u>223,46</u> 732,44	<u>148,78</u> 487,66	
88	C111-1608	Дрантя	кг	35,30513	<u>16,67</u> 588,54	<u>15,60</u> 550,76	<u>0,74</u> 26,13	<u>0,33</u> 11,65	
89	C111-795	Дріт канатний оцинкований, діаметр 3 мм	т	0,0798108	<u>80260,5</u> 6405,65	<u>78420,97</u> 6258,84	<u>265,79</u> 21,21	<u>1573,74</u> 125,60	
90	C111-816	Дріт сталевий низьковуглецевий різного призначення світлий, діаметр 1,1 мм	т	0,148092	<u>55121,21</u> 8163,01	<u>53774,61</u> 7963,59	<u>265,79</u> 39,36	<u>1080,81</u> 160,06	
91	C111-818-1	Дріт сталевий низьковуглецевий різного призначення світлий, діаметр 4,0 мм	т	0,1185936	<u>39356,52</u> 4667,43	<u>38319,03</u> 4544,39	<u>265,79</u> 31,52	<u>771,7</u> 91,52	
92	C111-821-1	Дріт сталевий низьковуглецевий різного призначення чорний, діаметр 1,2 мм	т	6,629607	<u>52452,48</u> 347739,33	<u>51158,21</u> 339158,83	<u>265,79</u> 1762,08	<u>1028,48</u> 6818,42	
93	C111-137	Дюбелі з каліброваною головкою [в обіймах] 3x58,5 мм	т	0,0014481	<u>84909,88</u> 122,96	<u>82906,19</u> 120,06	<u>338,79</u> 0,49	<u>1664,9</u> 2,41	
94	&C111-115-5 варіант 1	Дюбель-шуруп 10x100 мм	шт	1283,1216	<u>1,53</u> 1963,18	<u>1,50</u> 1924,68	<u>-</u> -	<u>0,03</u> 38,50	
95	C111-1513	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	0,3855954	<u>51951,76</u> 20032,36	<u>50588,26</u> 19506,60	<u>344,84</u> 132,97	<u>1018,66</u> 392,79	
96	C111-1529	Електроди, діаметр 6 мм, марка Э42	т	0,1375	<u>51199,09</u> 7039,87	<u>49850,35</u> 6854,42	<u>344,84</u> 47,42	<u>1003,9</u> 138,03	
97	C111-1901	Емульсія бітумна, дорожна	т	0,03354	<u>33265,3</u> 1115,72	<u>32113,95</u> 1077,10	<u>499,09</u> 16,74	<u>652,26</u> 21,88	

1	2	3	4	5	6/7	8/9	10/11	12/13	14
98	C111-1648	Клей, марка КМЦ [для наклеювання шпалер]	т	0,071224	<u>401641,6</u> 28606,52	<u>393308,01</u> 28012,97	<u>458,26</u> 32,64	<u>7875,33</u> 560,91	
99	C111-1708	Клоччя просочене	кг	16,42652	<u>72,56</u> 1191,91	<u>70,63</u> 1160,21	<u>0,51</u> 8,38	<u>1,42</u> 23,32	
100	C111-544	Лінолеум полівінілхлоридний багатошаровий та одношаровий без підоснови, марка М, товщина 2,1 мм	м2	186,15	<u>166,63</u> 31018,17	<u>161,97</u> 30150,72	<u>1,39</u> 258,75	<u>3,27</u> 608,70	
101	C112-8	Лісоматеріали круглі хвойних порід для будівництва, довжина 3-6,5 м, діаметр 14-24 см	м3	0,13993	<u>3745,77</u> 524,15	<u>3412,23</u> 477,47	<u>260,09</u> 36,39	<u>73,45</u> 10,29	
102	C111-581	Мазут топковий кам'яновугільний	т	0,009559	<u>15099,16</u> 144,33	<u>14215,12</u> 135,88	<u>587,98</u> 5,62	<u>296,06</u> 2,83	
103	C111-594	Мастика бітумна покрівельна гаряча	т	5,733785	<u>27688,45</u> 158759,62	<u>26687,28</u> 153019,13	<u>458,26</u> 2627,56	<u>542,91</u> 3112,93	
104	C111-609	Мастика клеюча каучукова КН-2	кг	2065,92	<u>127,84</u> 264107,21	<u>124,82</u> 257868,13	<u>0,51</u> 1053,62	<u>2,51</u> 5185,46	
105	C111-612	Мастика морозостійка бітумно-масляна МБ-50	т	2,940936	<u>46688,09</u> 137306,68	<u>45259,94</u> 133106,59	<u>512,7</u> 1507,82	<u>915,45</u> 2692,27	
106	C111-618	Мастика тіоколова будівельного призначення АМ-0,5	кг	5,9161	<u>400,83</u> 2371,35	<u>392,46</u> 2321,83	<u>0,51</u> 3,02	<u>7,86</u> 46,50	
107	C111-1666	Оліфа для високоякісного фарбування [25% натуральної, 75% комбінованої]	т	0,073899	<u>221735,57</u> 16386,04	<u>216816,12</u> 16022,49	<u>571,69</u> 42,25	<u>4347,76</u> 321,30	
108	C111-1667	Оліфа для покращеного фарбування [10% натуральної, 90% комбінованої]	т	0,198202	<u>200914,58</u> 39821,67	<u>196453,30</u> 38937,44	<u>521,78</u> 103,42	<u>3939,5</u> 780,81	
109	C111-1668	Оліфа натуральна	кг	34,46208	<u>326,98</u> 11268,41	<u>320,05</u> 11029,59	<u>0,52</u> 17,92	<u>6,41</u> 220,90	
110	K584211-2001	Панелі перекриття з/б багатопустотні марки ПК42.18-8Т серія 1.141-1 вип.60	шт	1	-	-	-	-	
111	K584211-2020	Панелі перекриття з/б багатопустотні марки ПК42.15-8Т серія 1.141-1 вип.60	шт	8	-	-	-	-	
112	K584211-2021	Панелі перекриття з/б багатопустотні марки ПК36.15-8Т серія 1.141-1 вип.60	шт	20	-	-	-	-	
113	K584211-2040	Панелі перекриття з/б багатопустотні марки ПК36.12-8Т серія 1.141-1 вип.60	шт	4	-	-	-	-	
114	K584211-2059	Панелі перекриття з/б багатопустотні марки ПК36.10-8Т серія 1.141-1 вип.60	шт	12	-	-	-	-	
115	K584211-18	Панелі перекриття з/б марки ПК57.15-8К7Т серія 1.141-1 вип.62	шт	4	-	-	-	-	
116	K584211-3	Панелі перекриття з/б марки ПК57.18-8К7Т серія 1.141-1 вип.62	шт	4	-	-	-	-	
117	+K584211-47 варіант 1	Панелі перекриття з/б марки ПК60.10-8К7Т серія 1.141-1 вип.62	шт	13	<u>8117,14</u> 105522,82	<u>7500,00</u> 97500,00	<u>457,98</u> 5953,74	<u>159,16</u> 2069,08	

1	2	3	4	5	6/7	8/9	10/11	12/13	14
118	K584211-32	Панелі перекриття з/б марки ПК60.12-8К7Т серія 1.141-1 вип.62	шт	4	-	-	-	-	
119	K584211-17	Панелі перекриття з/б марки ПК60.15-8К7Т серія 1.141-1 вип.62	шт	180	-	-	-	-	
120	K584211-2	Панелі перекриття з/б марки ПК60.18-8К7Т серія 1.141-1 вип.62	шт	16	-	-	-	-	
121	C111-1604	Папір шліфувальний	м2	256,9264	320,2	313,87	0,05	6,28	
122	C111-633	Парафін нафтовий твердий П-3	т	0,0345488	82267,83	80641,49	12,85	1613,49	
123	C112-252	Паркет мозаїчний з деревини дуба, ясеня, ільма, клена	м2	399,84	55910,73	54297,20	517,24	1096,29	
124	C112-249	Паркет штучний з деревини дуба, ясеня, ільма, клена	м2	697,68	1931,65	1875,90	17,87	37,88	
125	C1545-163	Патрони до пістолета Д-2	100шт	1,65121	987,33	962,33	5,64	19,36	
126	K582821-811	Перемички з/б марки 10ПБ18-27 серія 1,038. 1-1 вип.4	шт	12	394774,03	384778,03	2255,10	7740,90	
127	K582821-554	Перемички з/б марки 1ПБ13-1 серія 1.038.1- 1 вип.1	шт	12	1109,8	1082,40	5,64	21,76	
128	K582821-558	Перемички з/б марки 2ПБ13-1 серія 1.038.1- 1 вип.1	шт	108	774285,26	755168,83	3934,92	15181,51	
129	K582821-560	Перемички з/б марки 2ПБ16-2 серія 1.038.1- 1 вип.1	шт	15	116,61	113,20	1,12	2,29	
130	K582821-576	Перемички з/б марки 3ПБ13-37 серія 1.038. 1-1 вип.1	шт	6	192,55	186,92	1,85	3,78	
131	K582821-586	Перемички з/б марки 3ПБ25-8 серія 1.038.1- 1 вип.1	шт	6	-	-	-	-	
132	K582821-649	Перемички з/б марки 3ПП27-71 серія 1.038. 1-1 вип.2	шт	36	-	-	-	-	
133	K582821-696	Перемички з/б марки 9ПБ13-37 серія 1,038. 1-1 вип.4	шт	18	-	-	-	-	
134	K582821-700	Перемички з/б марки 9ПБ18-37 серія 1,038. 1-1 вип.4	шт	15	-	-	-	-	
135	&C111-1-39-4- В1 варіант 1	Піна монтажна	л	125,48926	663,46	650,00	0,45	13,01	
136	C1421-10634	Пісок природний, рядовий	м3	0,005	83257,10	81568,02	56,47	1632,61	
137	C111-1714	Пластикат полівінілхлоридний (шнур)	м	65,4445	697,63	211,65	472,3	13,68	
					3,49	1,06	2,36	0,07	
					277,29	271,79	0,06	5,44	
					18147,11	17787,16	3,93	356,02	

1	2	3	4	5	6/7	8/9	10/11	12/13	14
138	C114-97	Плити теплоізоляційні з пінопласту полістирольного, марка ПСБС-40	м3	635,103	<u>3872,54</u> 2459461,77	<u>3785,17</u> 2403972,82	<u>11,44</u> 7265,58	<u>75,93</u> 48223,37	
139	C111-1723	Плитки карнизні	м	238,3122	<u>83,98</u> 20013,46	<u>81,44</u> 19408,15	<u>0,89</u> 212,10	<u>1,65</u> 393,21	
140	C111-256	Плитки керамічні глазуровані для внутрішнього облицювання стін гладкі білі без завалу	м2	481,8051	<u>377,78</u> 182016,33	<u>363,54</u> 175155,43	<u>6,83</u> 3290,73	<u>7,41</u> 3570,17	
141	C111-1726	Плитки керамічні для підлог гладкі неглазуровані багатобарвні квадратні та прямокутні	м2	242,5356	<u>511,09</u> 123957,52	<u>487,73</u> 118291,89	<u>13,34</u> 3235,42	<u>10,02</u> 2430,21	
142	C111-1725	Плитки кутові	м	264,2157	<u>43,12</u> 11392,98	<u>41,38</u> 10933,25	<u>0,89</u> 235,15	<u>0,85</u> 224,58	
143	C111-1724	Плитки плінтусні	м	238,3122	<u>83,97</u> 20011,08	<u>81,43</u> 19405,76	<u>0,89</u> 212,10	<u>1,65</u> 393,22	
144	C1426-11776	Плитки цементно-піщані для тротуарів квадратні, довжина 200-400 мм, ширина 200-400 мм, товщина 50 мм, бетон В22,5 [М300] [МРЗ150]	м2	529	<u>542,58</u> 287024,82	<u>495,64</u> 262193,56	<u>36,3</u> 19202,70	<u>10,64</u> 5628,56	
145	C111-1580	Плівкоутворювальні матеріали для дорожніх робіт ПМ-100А	т	0,60372	<u>20928,81</u> 12635,14	<u>19822,00</u> 11966,94	<u>696,44</u> 420,45	<u>410,37</u> 247,75	
146	C123-352	Плінтуси, тип Пл-2, розмір 19х54 мм	м	921,12	<u>40,67</u> 37461,95	<u>39,58</u> 36457,93	<u>0,29</u> 267,12	<u>0,8</u> 736,90	
147	+C111-1305	Портландцемент загальнобудівельного призначення бездобавковий, марка 400	т	0,207228	<u>6915,29</u> 1433,04	<u>6400,00</u> 1326,26	<u>379,7</u> 78,68	<u>135,59</u> 28,10	Україна
148	C123-361	Поручні, тип П-1, розмір 26х54 мм	м	45,9	<u>50,76</u> 2329,88	<u>49,36</u> 2265,62	<u>0,4</u> 18,36	<u>1</u> 45,90	
149	C111-1816	Прокат штабовий із сталі марки Ст3сп, ширина 50-200 мм, товщина 4-5 мм	т	0,11479	<u>73038,97</u> 8384,14	<u>72229,47</u> 8291,22	<u>265,79</u> 30,51	<u>543,71</u> 62,41	
150	C1425-11680	Розчин готовий кладковий важкий цементний, марка М25	м3	13,405	<u>2225,92</u> 29838,46	<u>1456,58</u> 19525,45	<u>725,69</u> 9727,87	<u>43,65</u> 585,14	
151	C1425-11683	Розчин готовий кладковий важкий цементний, марка М100	м3	23,76133	<u>2877,35</u> 68369,66	<u>2095,24</u> 49785,69	<u>725,69</u> 17243,36	<u>56,42</u> 1340,61	Україна
152	C1425-11684	Розчин готовий кладковий важкий цементний, марка М150	м3	71,359536	<u>3226,89</u> 230269,37	<u>2437,93</u> 173969,55	<u>725,69</u> 51784,90	<u>63,27</u> 4514,92	
153	C1425-11687	Розчин готовий кладковий важкий цементно-вапняковий, марка М25	м3	165,024	<u>2662,1</u> 439310,39	<u>1884,21</u> 310939,87	<u>725,69</u> 119756,27	<u>52,2</u> 8614,25	
154	C1425-11688	Розчин готовий кладковий важкий цементно-вапняковий, марка М50	м3	132,684	<u>2863,89</u> 379992,38	<u>2082,05</u> 276254,72	<u>725,69</u> 96287,45	<u>56,15</u> 7450,21	
155	C1425-11704	Розчин готовий опоряджувальний вапняковий 1:2,5	м3	67,64058	<u>3005,1</u> 203266,71	<u>2220,49</u> 150195,23	<u>725,69</u> 49086,09	<u>58,92</u> 3985,39	
156	C1425-11700	Розчин готовий опоряджувальний цементний 1:3	м3	7,77105	<u>3081,66</u> 23947,73	<u>2295,55</u> 17838,83	<u>725,69</u> 5639,37	<u>60,42</u> 469,53	

1	2	3	4	5	6/7	8/9	10/11	12/13	14
157	C1425-11702	Розчин готовий опоряджувальний цементно-вапняковий 1:1:6	м3	3,264468	<u>2779,85</u> 9074,73	<u>1999,65</u> 6527,79	<u>725,69</u> 2368,99	<u>54,51</u> 177,95	
158	C111-858	Руберойд підкладний з пиловидною засипкою РПП-300А	м2	1066,05	<u>65,21</u> 69517,12	<u>63,31</u> 67491,63	<u>0,62</u> 660,95	<u>1,28</u> 1364,54	
159	C111-854	Руберойд покрівельний з крупнозернистою засипкою РКК-420А	м2	522,237	<u>101,88</u> 53205,51	<u>98,35</u> 51362,01	<u>1,53</u> 799,02	<u>2</u> 1044,48	
160	C111-856	Руберойд покрівельний з пиловидною засипкою РКП-350Б	м2	982,5332	<u>79,92</u> 78524,05	<u>77,55</u> 76195,45	<u>0,8</u> 786,03	<u>1,57</u> 1542,57	
161	C111-1757	Рядно	м2	564,41148	<u>86,5</u> 48821,59	<u>84,66</u> 47783,08	<u>0,14</u> 79,02	<u>1,7</u> 959,49	
162	C111-874	Сітка дротяна тканина з квадратними чарунками N 05 без покриття	м2	127,550808	<u>360,66</u> 46002,47	<u>353,30</u> 45063,70	<u>0,29</u> 36,99	<u>7,07</u> 901,78	
163	&C111-1843- ПЕ варіант 1	Сталеві елементи опалубки	т	1,9799619	<u>40624,01</u> 80433,99	<u>40000,00</u> 79198,48	<u>321,6</u> 636,76	<u>302,41</u> 598,75	
164	C111-1798	Сталь листовая оцинкована, товщина 0,7 мм	т	3,791013	<u>116830,5</u> 442905,94	<u>115695,00</u> 438601,25	<u>265,79</u> 1007,61	<u>869,71</u> 3297,08	
165	C111-1799	Сталь листовая оцинкована, товщина листа 0,75 мм	т	0,1766	<u>118740,18</u> 20969,52	<u>117590,47</u> 20766,48	<u>265,79</u> 46,94	<u>883,92</u> 156,10	
166	C1424-11598	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В7, 5 [М100], крупність заповнювача більше 40 мм	м3	20,6856	<u>3533,38</u> 73090,09	<u>2672,44</u> 55281,02	<u>791,66</u> 16375,96	<u>69,28</u> 1433,11	
167	C1424-11599	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В10 [М150], крупність заповнювача більше 40 мм	м3	56,0889	<u>3694,39</u> 207214,27	<u>2830,29</u> 158747,85	<u>791,66</u> 44403,34	<u>72,44</u> 4063,08	
168	C1424-11600	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В15 [М200], крупність заповнювача більше 40 мм	м3	1206,4899	<u>3896,15</u> 4700665,62	<u>3028,09</u> 3653360,00	<u>791,66</u> 955129,79	<u>76,4</u> 92175,83	
169	C1424-11620	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В10 [М150], крупність заповнювача більше 10 до 20 мм	м3	1,2428	<u>3922,24</u> 4874,56	<u>3053,67</u> 3795,10	<u>791,66</u> 983,88	<u>76,91</u> 95,58	
170	C1424-11621	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В15 [М200], крупність заповнювача більше 10 до 20 мм	м3	6,96762	<u>4179,31</u> 29119,84	<u>3305,70</u> 23032,86	<u>791,66</u> 5515,99	<u>81,95</u> 570,99	
171	K589121-K925	Сходові марші 1ЛМ27.11.14-4-1 серія 87 ч 10 розд 10.2	шт	2	-	-	-	-	
172	C111-631	Тирса деревна	м3	10,76	<u>784,06</u> 8436,49	<u>699,72</u> 7528,99	<u>68,97</u> 742,12	<u>15,37</u> 165,38	
173	C1530-41	Труби напірні з поліетилену низького тиску, тип середній, зовнішній діаметр 25 мм	10м	0,2691	<u>183,18</u> 49,29	<u>178,49</u> 48,03	<u>1,1</u> 0,30	<u>3,59</u> 0,96	
174	C1555-391	Фанера водостійка	м2	125,301385	<u>525,13</u> 65799,52	<u>510,03</u> 63907,47	<u>4,8</u> 601,45	<u>10,3</u> 1290,60	
175	C111-388-1	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	0,0021539	<u>60727,28</u> 130,80	<u>59032,92</u> 127,15	<u>503,63</u> 1,08	<u>1190,73</u> 2,57	

1	2	3	4	5	6/7	8/9	10/11	12/13	14
176	C111-449-1	Фарба олійна та алкідна, готова до застосування, для внутрішніх робіт	т	0,322736	<u>100018,37</u>	<u>97553,60</u>	<u>503,63</u>	<u>1961,14</u>	
177	C111-174	Цвяхи будівельні з конічною головкою 3, 5х90 мм	т	0,0009435	<u>32279,53</u>	<u>31484,06</u>	<u>162,54</u>	<u>632,93</u>	
178	C111-175	Цвяхи будівельні з конічною головкою 4, 0х100 мм	т	0,1428224	<u>38179,75</u>	<u>37092,34</u>	<u>338,79</u>	<u>748,62</u>	
179	C111-179	Цвяхи будівельні з плоскою головкою 1,6х50 мм	т	0,0165235	<u>36,02</u>	<u>35,00</u>	<u>0,32</u>	<u>0,70</u>	
180	C111-173	Цвяхи дротяні оцинковані для азбестоцементної покрівлі 4,5х120 мм	т	0,003532	<u>37161,52</u>	<u>36094,07</u>	<u>338,79</u>	<u>728,66</u>	
181	C111-191	Цвяхи толеві круглі 2,0х20 мм	т	0,0266036	<u>5307,50</u>	<u>5155,04</u>	<u>48,39</u>	<u>104,07</u>	
182	C1422-10932	Цемент для приготування розчину в умовах будови та в інших подібних випадках	т	0,0675	<u>47545,21</u>	<u>46274,16</u>	<u>338,79</u>	<u>932,26</u>	
183	C1422-10934	Шпаклівка клейова	т	0,57829	<u>785,61</u>	<u>764,61</u>	<u>5,60</u>	<u>15,40</u>	
184	C111-1356	Шпаклівка мінеральна "Cerezit"	кг	3995,64	<u>68443</u>	<u>66762,19</u>	<u>338,79</u>	<u>1342,02</u>	
185	+C111-2009-9 варіант 3	Шпалери покращені, ґрунтовані	100м2	28,244	<u>241,74</u>	<u>235,80</u>	<u>1,20</u>	<u>4,74</u>	
186	C111-1706	Шурупи з напівкруглою головкою, діаметр стрижня 6 мм, довжина 40 мм	т	0,000135	<u>54379,03</u>	<u>52973,98</u>	<u>338,79</u>	<u>1066,26</u>	
187	C111-1483	Щебінь із природного каменю для будівельних робіт, фракція 40-70 мм, марка М400	м3	0,0255	<u>1446,68</u>	<u>1409,30</u>	<u>9,01</u>	<u>28,37</u>	
188	C1421-9472	Щити опалубки, ширина 300-750 мм, товщина 25 мм	м2	259,9778	<u>13252,13</u>	<u>11972,28</u>	<u>1020</u>	<u>259,85</u>	
189	C123-514-У	Щити опалубки, ширина 300-750 мм, товщина 40 мм	м2	0,9334	<u>2919880,23</u>	<u>2637887,17</u>	<u>224739,56</u>	<u>57253,50</u>	
190	C123-515-У	Енергоносії машин, врахованих в складі загальноновиробничих витрат	кг	15,3855	<u>11079,69</u>	<u>9842,44</u>	<u>1020</u>	<u>217,25</u>	
191	C1999-9003	Бензин	кг	15,3855	<u>3001647,57</u>	<u>2666458,73</u>	<u>276332,69</u>	<u>58856,15</u>	
192	C1999-9001	Електроенергія	кВт-год	1706,5726	<u>2868,97</u>	<u>2436,78</u>	<u>375,94</u>	<u>56,25</u>	
193	C1999-9005	Мастильні матеріали	кг	16,8979	<u>193,66</u>	<u>164,48</u>	<u>25,38</u>	<u>3,80</u>	
194					<u>29762,53</u>	<u>28634,49</u>	<u>544,46</u>	<u>583,58</u>	
					<u>17211,37</u>	<u>16559,04</u>	<u>314,86</u>	<u>337,47</u>	
					<u>15,18</u>	<u>14,40</u>	<u>0,48</u>	<u>0,3</u>	
					<u>60653,82</u>	<u>57537,22</u>	<u>1917,91</u>	<u>1198,69</u>	
					<u>1487,66</u>	<u>1442,80</u>	<u>15,69</u>	<u>29,17</u>	
					<u>42017,47</u>	<u>40750,44</u>	<u>443,15</u>	<u>823,88</u>	
					<u>62999,7</u>	<u>61425,62</u>	<u>338,79</u>	<u>1235,29</u>	
					<u>8,50</u>	<u>8,29</u>	<u>0,05</u>	<u>0,16</u>	
					<u>1118,73</u>	<u>508,16</u>	<u>588,63</u>	<u>21,94</u>	
					<u>28,53</u>	<u>12,96</u>	<u>15,01</u>	<u>0,56</u>	
					<u>617,5</u>	<u>600,26</u>	<u>5,13</u>	<u>12,11</u>	
					<u>160536,29</u>	<u>156054,27</u>	<u>1333,69</u>	<u>3148,33</u>	
					<u>853,3</u>	<u>829,24</u>	<u>7,33</u>	<u>16,73</u>	
					<u>796,47</u>	<u>774,01</u>	<u>6,84</u>	<u>15,62</u>	
					<u>55,69</u>	<u>55,69</u>			
					<u>856,82</u>	<u>856,82</u>			
					<u>-</u>	<u>-</u>			
					<u>-</u>	<u>-</u>			
					<u>163,15</u>	<u>163,15</u>			
					<u>2756,90</u>	<u>2756,90</u>			

1	2	3	4	5	6/7	8/9	10/11	12/13	14
195	C1999-9009	Дрова	м3	16,5972	<u>119,13</u> 1977,23	<u>119,13</u> 1977,23			
		Разом	грн.		5590,95	5590,95			
		Разом по розділу III	грн.		62142236,2 3	59116057,8 4	2322266,80	703911,59	
		Підсумкові витрати енергоносіїв для усіх машин							
		Електроенергія	кВт-год	45380,11					
		Мастильні матеріали	кг	497,637					
		Гідравлічна рідина	кг	45,312					
		Дрова	м3	16,597					
		Бензин	л	1305,07					
		Дизельне паливо	л	4996,402					

Поточні ціни матеріальних ресурсів прийняті станом на "21 січня" 2025 р.

Символ '+' визначає, що параметри, які впливають на кошторисну ціну ресурсу, змінені користувачем.

Символ & визначає що ресурс задан користувачем.