

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ВОЙТОВИЧ ВЛАДИСЛАВ АНАТОЛІЙОВИЧ

УДК 69-047.74-074.58:334.7]:[005.591.1+005.342]](043.3)

ДИСЕРТАЦІЯ
ІНТЕГРОВАНЕ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ
МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОГРАМИ ДІЯЛЬНОСТІ
БУДІВЕЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ

Спеціальність 192 – Будівництво та цивільна інженерія
Галузь знань: Архітектура та будівництво

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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

_____ В. А. Войтович

Науковий керівник: Поколенко Вадим Олегович, доктор технічних наук,
професор

Київ - 2025

АНОТАЦІЯ

Войтович В. А. **«Інтегроване організаційно-технологічне моделювання та оптимізація програми діяльності будівельної організації».** - *Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.* - Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». - Київський національний університет будівництва і архітектури. – Київ, 2025.

Дисертація присвячена удосконаленню та обґрунтуванню комплексного підходу до організаційно-технологічного моделювання та оптимізації програми будівельних робіт, що включає адаптивні методи планування, новітні критерії ефективності та інноваційні технології для підвищення продуктивності, скорочення витрат і мінімізації ризиків у реалізації будівельних проєктів.

Нагальність проведення дослідження обумовлена наступними передумовами: зростаючою складністю будівельних проєктів, необхідністю підвищення ефективності їх планування та реалізації через впровадження адаптивних методів і сучасних технологій, потребою в оптимізації ресурсів для зниження витрат і термінів виконання робіт, впливом динамічних змін у зовнішньому середовищі, а також вимогами до конкурентоспроможності будівельних організацій в умовах ринкової економіки.

Перший розділ дисертаційної роботи присвячений аналізу існуючих підходів до планування та оптимізації виробничих програм у будівельній галузі, визначенню основних проблем і формуванню теоретичних основ для подальшого дослідження. У ньому розглянуто актуальність та мету дослідження, обґрунтовано необхідність ефективного управління ресурсами та адаптивного планування в умовах динамічного ринку. Розкрито значення виробничої програми як ключового інструменту управління будівельними процесами, що забезпечує контроль, оптимізацію строків виконання робіт і збалансований розподіл ресурсів. Проаналізовано чинники, що впливають на виконання будівельного плану, зокрема важливість рівномірного

завантаження підрозділів і застосування гнучких методів управління. Визначено основні проблеми сучасного планування, серед яких недостатня інтеграція ринкових змін, відсутність комплексного моніторингу та обмеженість адаптивних механізмів у разі непередбачуваних ситуацій. На основі проведеного аналізу сформульовано необхідність удосконалення підходів до оптимізації виробничих програм, що дозволить підвищити ефективність будівельних організацій та їх конкурентоспроможність.

Другий розділ дисертаційної роботи присвячений комплексному аналізу чинників, що визначають ефективність діяльності будівельних організацій, із фокусом на виробничу програму, організаційні аспекти, управління ресурсами та впровадження інновацій. Розглянуто роль планово-організаційної підготовки, системи матеріально-технічного забезпечення, кваліфікації персоналу та сучасних технологій, таких як BIM, 3D-друк і робототехніка, ІІІ у підвищенні продуктивності будівельних процесів. Досліджено вплив зовнішніх факторів, зокрема кліматичних, регуляторних та соціально-політичних, на тривалість і собівартість будівництва, а також визначено необхідність гнучкого планування та адаптації проєктної документації до змін. Особливу увагу приділено методам критеріального аналізу та моделювання для оцінки ефективності управлінських рішень, зокрема застосуванню коефіцієнта конкордації Кендалла для валідації експертних оцінок. На основі отриманих висновків сформульовано рекомендації щодо вдосконалення процесів управління та планування, що сприятиме підвищенню конкурентоспроможності будівельних організацій у сучасному ринковому середовищі.

Третій розділ дисертаційної роботи присвячений розробці концептуальних засад модернізації планування будівельної програми, враховуючи багатфакторний вплив на ефективність реалізації проєктів. У ньому представлено комплексний підхід до впровадження інноваційних рішень, зокрема організаційно-економічних механізмів, що забезпечують гнучкість управління, зниження ризиків та підвищення якості будівельних

робіт. Розроблено узагальнену концептуальну модель ефективного планування, що інтегрує результати попередніх розділів і передбачає системний моніторинг, аналіз і адаптацію до змінних ринкових умов. Запропоновані механізми реалізації включають створення інституційних структур, цифровізацію процесів та стимулювання інновацій. Практичні рекомендації щодо створення експертних рад, системи раннього попередження ризиків та підвищення привабливості галузі для кваліфікованого персоналу сприяють підвищенню стійкості будівельних підприємств. Запроваджена система оцінки ефективності на основі фінансово-економічних, організаційних, соціальних та інноваційних показників дозволяє оперативно коригувати управлінські рішення та забезпечує довготривалий розвиток будівельної галузі.

Інноваційною сутністю представленого дослідження, що вирізняє його *значення для науки*, є розробка та обґрунтування комплексного підходу до організаційно-технологічного моделювання та оптимізації програми будівельних робіт, який інтегрує новітні підходи й науково-прикладні інструменти для підвищення ефективності планування та реалізації проєктів. Запропонована наукова модель оптимізації будівельних проєктів базується на сучасних технологіях та адаптивному плануванні, що дозволяє динамічно реагувати на зміни у проєктних вимогах і зовнішніх факторах, мінімізуючи витрати часу, ресурсів та фінансових затрат. Удосконалені критерії ефективності та адаптивності виробничих програм будівельних організацій сприяють оптимізації розподілу трудових, матеріальних і фінансових ресурсів, що забезпечує скорочення строків виконання проєктів без втрати якості. На відміну від традиційних підходів, розроблені механізми дозволяють будівельним організаціям швидше адаптуватися до змін ринкового середовища, знижувати ризики та підвищувати конкурентоспроможність. Запропоновані у дисертації рішення є важливим внеском у розвиток науки про управління будівельними процесами, оскільки створюють передумови для формування ефективної, гнучкої та стійкої будівельної програми, що

відповідає сучасним викликам галузі.

Наукова новизна роботи визначається тим що у даному дослідженні удосконалено та обґрунтовано комплексний підхід до інтегрованого організаційно-технологічного моделювання (ІОТМ) та оптимізації програми діяльності будівельної організації (ПДБО), що включає новітні методи й науково-прикладні інструменти для підвищення ефективності планування та реалізації проєктів. На підставі отриманих у дисертації результатів:

Удосконалено:

- комплексну наукову модель оптимізації будівельних проєктів, яка базується на новітніх технологіях та методиках адаптивного планування. Запропонована модель сприяє зниженню витрат, часу та ресурсів шляхом ефективного використання часових, трудових та матеріально-технічних ресурсів. Основна перевага моделі полягає в її здатності мінімізувати витрати шляхом оптимального розподілу та використання трудових, матеріальних і технічних ресурсів. На відміну від попередніх досліджень, де такі підходи не застосовувались, запропонована модель враховує динамічні умови будівництва, дозволяючи оперативно адаптуватися до змін у проєктних вимогах або зовнішніх факторів. Це забезпечує не лише економію коштів, але й скорочення часу реалізації проєктів, підвищення якості виконаних робіт та зниження ризиків, пов'язаних із непередбачуваними обставинами. Таким чином, модель стає важливим інструментом для сучасного будівництва, що відповідає вимогам ефективності та конкурентоспроможності в умовах ринкової економіки.

- критерії ефективності та адаптивності виробничих програм діяльності будівельних організацій, що дозволяють оптимізувати розподіл ресурсів та строки реалізації проєктів. Ці критерії дозволяють більш точно оцінювати та оптимізувати розподіл ресурсів, включаючи трудові, матеріальні та фінансові, що в свою чергу сприяє скороченню строків реалізації проєктів без втрати якості виконаних робіт. Вдосконалення критеріїв було здійснено з урахуванням сучасних вимог до управління

будівельними процесами, таких як необхідність гнучкості, швидкої адаптації до змін у зовнішніх умовах, а також використання інноваційних технологій. Це дозволяє будівельним організаціям ефективніше реагувати на виклики, пов'язані з нестабільністю ринку, змінами у законодавстві або іншими факторами, що впливають на хід будівництва. В результаті, впровадження удосконалених критеріїв забезпечує не лише економію ресурсів, але й підвищує конкурентоспроможність організацій, дозволяючи їм успішно реалізовувати складні проекти в умовах обмежених термінів та бюджетів.

Одержав подальший розвиток:

- *комплексний оптимізаційний інструментарій, який призначений для раціонального формування планів робіт у рамках виробничої програми організації.* Цей інструментарій є важливим кроком у напрямку вдосконалення процесів планування та управління ресурсами, оскільки він інтегрує сучасні методики аналізу, прогнозування та оптимізації. Завдяки його використанню значно покращується якість планування, що дозволяє більш точно визначати обсяги робіт, оптимально розподіляти ресурси (трудові, матеріальні, фінансові) та встановлювати реальні строки виконання проектів. Інструментарій враховує різноманітні фактори, такі як динаміка ринкових умов, доступність ресурсів, технологічні обмеження та ризики, що дозволяє адаптувати плани до змін у реальному часі. Це забезпечує підвищення ефективності управління виробничими процесами, знижує ймовірність виникнення простоїв або перевитрат, а також сприяє досягненню стратегічних цілей організації. Таким чином, розвиток цього інструментарію стає ключовим елементом у забезпеченні конкурентоспроможності та успішної реалізації складних проектів у сучасних умовах господарювання.

- *методи інтегрованого організаційно-технологічного моделювання, які дозволяють тестувати різні сценарії розвитку подій і визначати оптимальні варіанти реалізації виробничих програм будівельної організації.* Вони дозволяють відтворювати виробничі процеси у віртуальному середовищі, аналізувати логістичні потоки, оцінювати вплив випадкових

факторів, прогнозувати продуктивність систем, оптимізувати розподіл ресурсів і підтримувати ухвалення управлінських рішень. Завдяки інтегрованому організаційно-технологічному моделюванню підприємства можуть заздалегідь оцінювати наслідки управлінських дій, мінімізувати ризики та підвищувати стійкість виробничих програм до змін зовнішнього середовища, що сприяє їх ефективному плануванню та реалізації.

- *цифрові інструменти для моніторингу виконання планів і аналізу відхилень, що сприяють підвищенню оперативності та точності прийняття управлінських рішень.* Вони включають автоматизовані системи збору та обробки даних у реальному часі, аналітичні панелі, що надають візуалізацію ключових показників ефективності, а також алгоритми машинного навчання для прогнозування можливих відхилень та їхніх причин. Завдяки цим інструментам керівники можуть своєчасно виявляти диспропорції між плановими та фактичними показниками, швидко реагувати на зміну умов, оптимізувати використання ресурсів та запобігати потенційним кризовим ситуаціям. Інтеграція цифрових рішень у виробниче планування дозволяє значно знизити рівень невизначеності, підвищити ефективність координації між підрозділами та сприяти більш гнучкому і адаптивному управлінню в умовах мінливої ринкової кон'юнктури.

Результати наукового дослідження знайшли своє застосування в діяльності будівельних, девелоперських та інвестиційних компаній: ТОВ «Експертиза-С», ТОВ «МАСТРОН ГРУП» та ТОВ Будівельна фірма «Альфа-Сервіс», які реалізують будівельні проекти на основі програмної оптимізації. Результати, представлені в роботі, були отримані під час наукового дослідження, проведеного в Київському національному університеті будівництва та архітектури: № 0124U005196 «Розробка науково-технічного інструментарію для формування та реалізації внутрішньовиробничих планів будівельних організацій», де автором розроблено методологічну основу організаційно-технологічного моделювання та оптимізації моделей будівельної організації.

Ключові слова: інтегроване організаційно-технологічне моделювання (ІОТМ), оптимізація програми діяльності будівельних організацій (ПДБО), адаптивне планування, організація будівництва, стратегічне управління, ефективність планування, інноваційні технології, критерії ефективності, оптимізація ресурсів, моделювання, цифрові інструменти, моніторинг виконання планів, прогнозування, ризики будівельних проектів, виробничі програми, управління будівництвом, гнучкість у будівництві, автоматизація управління, аналітичні панелі, прогнозування відхилень, BIM (інформаційне моделювання будівель), ERP-системи, ІІІ, управління ризиками, інвестиційно-будівельний проєкт, будівельна логістика, ресурсозабезпечення.

ABSTRACT

Voitovych V. A. **"Integrated Organizational and Technological Modeling and Optimization of the Activity Program of a Construction Organization"**. - *Qualification Scientific Work in the form of a manuscript*. - Dissertation for obtaining the degree of Doctor of Philosophy in the field of knowledge 19 "Architecture and Construction" in the specialty 192 "Construction and Civil Engineering". - Kyiv National University of Construction and Architecture. – Kyiv, 2025.

The dissertation is dedicated to the improvement and justification of a comprehensive approach to organizational and technological modeling and optimization of construction work programs, which includes adaptive planning methods, modern efficiency criteria, and innovative technologies to increase productivity, reduce costs, and minimize risks in the implementation of construction projects.

The relevance of the research is determined by the following prerequisites: the increasing complexity of construction projects, the need to improve their planning and implementation through the introduction of adaptive methods and modern technologies, the necessity of resource optimization to reduce costs and timeframes for work completion, the influence of dynamic changes in the external environment, and the requirements for the competitiveness of construction organizations in a market economy.

The first chapter of the dissertation is devoted to analyzing existing approaches to planning and optimizing production programs in the construction industry, identifying key problems, and forming the theoretical foundation for further research. It discusses the relevance and goals of the study, justifies the need for effective resource management and adaptive planning in the context of a dynamic market. The role of the production program as a key tool in managing construction processes is revealed, ensuring control, optimization of work completion timelines, and a balanced allocation of resources. Factors influencing the implementation of the construction plan are analyzed, including the importance of evenly distributing

the load on divisions and applying flexible management methods. The main problems of modern planning are identified, including insufficient integration of market changes, lack of comprehensive monitoring, and limited adaptive mechanisms in the case of unforeseen situations. Based on the conducted analysis, the necessity of developing new methodological approaches to optimize production programs is formulated, which will enhance the effectiveness and competitiveness of construction organizations.

The second chapter of the dissertation is dedicated to a comprehensive analysis of the factors that determine the effectiveness of construction organizations, with a focus on the production program, organizational aspects, resource management, and the implementation of innovations. It discusses the role of planning and organizational preparation, material and technical support systems, personnel qualifications, and modern technologies such as BIM, 3D printing, AI and robotics in improving the productivity of construction processes. The influence of external factors, including climatic, regulatory, and socio-political conditions, on the duration and cost of construction is explored, and the need for flexible planning and adaptation of project documentation to changes is highlighted. Special attention is given to methods of criterion analysis and modeling for evaluating the effectiveness of management decisions, particularly the application of Kendall's concordance coefficient to validate expert assessments. Based on the conclusions drawn, recommendations are formulated to improve management and planning processes, which will contribute to increasing the competitiveness of construction organizations in the current market environment.

The third chapter of the dissertation is dedicated to developing the conceptual foundations for modernizing the planning of construction programs, taking into account the multifactorial influence on project implementation effectiveness. It presents a comprehensive approach to implementing innovative solutions, including organizational and economic mechanisms that ensure management flexibility, risk reduction, and improved quality of construction work. A generalized conceptual model for effective planning is developed, integrating the results of the previous

chapters and envisioning systemic monitoring, analysis, and adaptation to changing market conditions. The proposed implementation mechanisms include the creation of institutional structures, digitalization of processes, and stimulation of innovation. Practical recommendations for the establishment of expert councils, risk early warning systems, and enhancing the attractiveness of the industry for qualified personnel contribute to improving the resilience of construction companies. The introduced system for assessing effectiveness, based on financial-economic, organizational, social, and innovation indicators, allows for prompt adjustment of management decisions and ensures the long-term development of the construction industry.

The innovative essence of the presented research, which distinguishes its *significance for science*, lies in the development and justification of a comprehensive approach to organizational and technological modeling and optimization of the construction work program. This approach integrates the latest methodological principles and applied scientific tools to enhance the efficiency of project planning and implementation. The proposed scientific model for optimizing construction projects is based on modern technologies and adaptive planning, which allows for dynamic responses to changes in project requirements and external factors, minimizing time, resources, and financial costs. Improved efficiency and adaptability criteria for the production programs of construction organizations contribute to the optimization of the allocation of labor, material, and financial resources, ensuring the reduction of project timelines without compromising quality. Unlike traditional approaches, the developed mechanisms enable construction organizations to adapt more quickly to changes in the market environment, reduce risks, and increase competitiveness. The solutions proposed in the dissertation make a significant contribution to the development of the science of construction process management, as they create the preconditions for the formation of an effective, flexible, and resilient construction program that meets the current challenges of the industry.

The scientific novelty of the work is determined by the fact that this research

improves and substantiates a comprehensive approach to integrated organizational-technological modeling and optimization of the activity program of a construction organization. This approach incorporates the latest methodological principles and applied scientific tools to enhance the efficiency of planning and implementing projects. Based on the results obtained in the dissertation:

Improved:

- *a comprehensive scientific model for optimizing construction projects, which is based on modern technologies and adaptive planning methods. The proposed model contributes to reducing costs, time, and resources through the effective use of time, labor, and material-technical resources.* The main advantage of the model lies in its ability to minimize costs through optimal distribution and utilization of labor, material, and technical resources. Unlike previous studies where such approaches were not applied, the proposed model takes into account the dynamic conditions of construction, allowing for quick adaptation to changes in project requirements or external factors. This ensures not only cost savings but also a reduction in project implementation time, improved work quality, and a reduction in risks associated with unforeseen circumstances. Thus, the model becomes an important tool for modern construction that meets the demands of efficiency and competitiveness in a market economy.

- *the criteria for the effectiveness and adaptability of production programs of construction organizations, which allow optimizing the allocation of resources and project timelines. These criteria enable a more accurate assessment and optimization of resource distribution, including labor, material, and financial resources, which, in turn, contributes to shortening project implementation times without compromising the quality of the work performed.* The improvement of these criteria was carried out taking into account modern requirements for managing construction processes, such as the need for flexibility, rapid adaptation to changes in external conditions, and the use of innovative technologies. This enables construction organizations to respond more effectively to challenges related to market instability, changes in legislation, or other factors that affect the course of

construction. As a result, the implementation of the improved criteria not only ensures resource savings but also enhances the competitiveness of organizations, enabling them to successfully implement complex projects within limited timelines and budgets.

The following have further developed:

- *A comprehensive optimization toolkit designed for the rational methodological formation of work plans within the framework of the organization's production program.* This toolkit represents an important step toward improving planning and resource management processes, as it integrates modern techniques for analysis, forecasting, and optimization. By using this toolkit, the quality of planning is significantly improved, enabling more accurate determination of work volumes, optimal allocation of resources (labor, materials, financial), and the establishment of realistic project timelines. The toolkit takes into account various factors such as market conditions dynamics, resource availability, technological constraints, and risks, allowing plans to be adapted in real-time. This ensures improved management of production processes, reduces the likelihood of downtime or overspending, and contributes to achieving the organization's strategic goals. Thus, the development of this toolkit becomes a key element in ensuring competitiveness and successful implementation of complex projects in modern business conditions.

- *Methods of integrated organizational and technological modeling enable testing of various development scenarios and identifying optimal options for implementing production programs of construction organizations.* They allow the simulation of production processes in a virtual environment, analysis of logistical flows, assessment of the impact of random factors, forecasting of system performance, optimization of resource allocation, and support of managerial decision-making. Through integrated organizational and technological modeling, enterprises can assess the consequences of management actions in advance, minimize risks, and enhance the resilience of production programs to changes in the external environment, which contributes to their effective planning and implementation.

- *Digital tools for monitoring the execution of plans and analyzing deviations, which help improve the speed and accuracy of decision-making.* These include automated systems for real-time data collection and processing, analytical dashboards that provide visualizations of key performance indicators, and machine learning algorithms for predicting potential deviations and their causes. With these tools, managers can promptly identify discrepancies between planned and actual indicators, quickly respond to changes in conditions, optimize resource usage, and prevent potential crisis situations. The integration of digital solutions into production planning significantly reduces uncertainty, enhances coordination efficiency between departments, and supports more flexible and adaptive management in the face of changing market conditions.

The results of the scientific research have found their application in the activities of construction, development, and investment companies: LLC "Expertiza-S," LLC "MASTRON GROUP," and LLC Construction Company "Alpha Service," which implement construction projects based on program optimization. The results presented in the work were obtained during scientific research conducted at the Kyiv National University of Construction and Architecture: № 0124U005196 "Development of Scientific and Technical Tools for the Formation and Implementation of Internal Production Plans of Construction Organizations," where the author developed the methodological framework for organizational and technological modeling and optimization of construction organization models.

Keywords: integrated organizational-technological modeling (IOTM), optimization of construction organizations' activity programs (COAP), adaptive planning, construction organization, strategic management, planning efficiency, innovative technologies, efficiency criteria, resource optimization, modeling, digital tools, monitoring of plan implementation, forecasting, construction project risks, production programs, construction management, flexibility in construction, management automation, analytical dashboards, forecasting deviations, BIM (building information modeling), ERP systems, AI, risk management, investment and construction project, construction logistics, resource provision.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових періодичних виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України категорії “Б”:

1. Войтович В.А., Чуприна Ю.А. Оптимізація та контроль програми робіт в підсистемі фінансового менеджменту будівельної організації. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*. 2023, №51(1). С. 129-142. DOI: 10.32347/2707-501x.2023.51(1).129-142. (Особистий внесок: зміст додаткових критеріїв щодо оптимізації програми робіт, алгоритм їх розрахунку та інтерпретації).
2. Войтович В.А., Поколенко В.О., Ємельянова О.М. Оптимізація логістичних процесів для підвищення продуктивності будівельної організації. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*. 2023, №52(1). С. 34-40. DOI: 10.32347/2707-501x.2023.52(1).34-40. (Особистий внесок: оновлення методико-аналітичних підходів щодо врахування логістичних процесів у контексті організаційно-технологічного моделювання та розробки програм робіт у будівельних організаціях).
3. Voitovych V. Criteria and key parameters of construction work plans productivity. *Управління розвитком складних систем*. 2024, №60. С. 18-23. DOI: 10.32347/2412-9933.2024.60.18-23.
4. Войтович В.А. Ресурсозабезпечення в системі управління будівництвом з урахуванням чинників невизначеності та ризиків. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*. 2024, №53(2). С. 368-376. DOI: 10.32347/2707-501x.2024.53(2).368-376.
5. Войтович В.А. Інноваційні підходи до планування в будівельній галузі з акцентом на удосконалення процесів. *Просторовий розвиток*. 2025, №11. С. 303-311. DOI: 10.32347/2786-7269.2025.11.303-311.
6. Войтович В.А. Вплив BIM-технологій на ефективність управління будівництвом. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2025, №71. С. 646-657. DOI: 10.32347/2077-3455.2025.71.646-657.

**Статті у наукових періодичних виданнях інших держав із
напрямку, з якого підготовлено дисертацію:**

7. Voitovych V., Emelianova O., Tytok V., Pokolenko V., Pylypchuk O. Optimization of the Load of Production Units of the Construction Company. *WSEAS Transactions on Information Science and Applications*, 2023. №20, p. 228-237. DOI: 10.37394/23209.2023.20.26. (Особистий внесок: процедури та аналітичні критерії забезпечення адаптивності сукупної моделі при складанні сукупної моделі виробничої програми будівельної організації).

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

8. Voitovych V. Ефективне планування та управління ресурсами в процесах будівництва. *Proceedings of the XIX International Scientific and Practical Conference «Innovative approaches to solving scientific problems»*. Tokyo, Japan. May 15-19, 2023. P. 29-31. DOI: 10.46299/ISG.2023.1.19.

9. Voitovych V. Розробка стратегії та методів удосконалення організації будівельних робіт. *Proceedings of the XXVI International Scientific and Practical Conference «Scientific trends and ways of solving modern problems»*. La Rochelle, France. July 04-07, 2023. P. 15-17. DOI: 10.46299/ISG.2023.1.26.

10. Voitovych V. Розробка стратегічних партнерств і альянсів для розширення можливостей отримання прибутку. *Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference «Old and new technologies of learning development in modern conditions»*. Berlin, Germany. February 13-16, 2024. P. 37-39. DOI: 10.46299/ISG.2024.1.6.

11. Voitovych V. Удосконалення методів оцінки вартості проекту для точного бюджетування та отримання вищих прибутків. *Proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference «Theoretical and practical aspects of the development of science and education»*. Prague, Czech Republic. March 05-08, 2024. P. 23-25. DOI: 10.46299/ISG.2024.1.9.

12. Voitovych V. Важливість організаційно-технічної документації в підвищенні ефективності управління будівельним проектом. *Proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference «Information and innovative technologies in the development of society»*. Athens, Greece. April 02-05, 2024. P. 23-25. DOI: 10.46299/ISG.2024.1.13.

13. Войтович В.А. Рекомендації та практичні поради щодо впровадження оптимізації будівельної організації у виробничих середовищах. *XV Міжнародна науково-практична конференція «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем»*. Чернігів, Україна. Травень 23-24, 2024. С. 142.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	2
СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ.....	15
ВСТУП.....	20
РОЗДІЛ 1. СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ ТА КОНЦЕПТУАЛЬНО ТЕОРЕТИЧНИХ АСПЕКТІВ ФОРМУВАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОГРАМИ ДІЯЛЬНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ.....	30
1.1. Систематизація загально-теоретичних та проєктних передумов для моделювання та оптимізації виробничої програми будівельних організацій	30
1.2. Дослідження процесів формування та впровадження будівельних програм в умовах централізованого планування	42
1.3. Модернізація системи планування трудових ресурсів у будівельній галузі. Наукова гіпотеза дослідження.....	59
ВИСНОВКИ ДО ПЕРШОГО РОЗДІЛУ	71
РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ПІДґРУНТЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО- ТЕХНОЛОГІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОГРАМИ ДІЯЛЬНОСТІ БУДІВЕЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ	73
2.1. Пошук компонент загально-методичного базису дослідження. Формування параметрів та чинників, формалізації організаційно- технологічного простору моделювання програми робіт будівельної організації	73
2.2. Оптимізація виробничих програм в умовах змінних ринкових факторів на основі комплексної класифікації детермінуючих чинників операційного процесу.....	80
2.3. Верифікація та матричний аналіз номенклатури виконуваних робіт в складі програми робіт будівельної організації	99

ВИСНОВКИ ДО ДРУГОГО РОЗДІЛУ	132
РОЗДІЛ 3. АНАЛІТИЧНЕ ПІДҐРУНТЯ ТА ПРИКЛАДНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОГРАМИ РОБІТ БУДІВЕЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ	135
3.1. Аналітичний базис моделювання та оптимізації програми робіт будівельної організації на ґрунті модернізованої критеріально- параметричної системи	135
3.2. Алгоритм впровадження інтегрованої системи організаційно- технологічного моделювання та оптимізації програми діяльності будівельної організації	169
3.3. Формування комплексу прикладних програм та рекомендацій щодо застосування результатів дослідження в практиці адміністрування будівельних організацій	186
ВИСНОВКИ ДО ТРЕТЬОГО РОЗДІЛУ	195
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	197
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	204
ДОДАТКИ.....	217

ВСТУП

Актуальність теми. В умовах зростаючої складності будівельних проектів та підвищених вимог до ефективного використання ресурсів, інтегроване організаційно-технологічне моделювання (ІОТМ) та оптимізація програми діяльності будівельної організації (ПДБО) набуває особливої важливості. Будівельна галузь характеризується високою динамічністю та значним впливом зовнішніх факторів, що потребує гнучких та адаптивних підходів до управління проектами. У зв'язку з цим виникає необхідність у модернізації виробничих програм, що сприятимуть мінімізації витрат, скороченню термінів виконання робіт та підвищенню їхньої якості. Удосконалення критеріїв будівельних проектів, дозволить суттєво підвищити ефективність будівельного виробництва за рахунок адаптивного планування та оптимального розподілу ресурсів. Використання інтегрованого організаційно-технологічного моделювання (ІОТМ) дозволяє скоротити витрати, зменшити часові затрати та підвищити якість виконаних робіт. Це критично важливо в умовах швидкозмінного будівельного середовища, де гнучкість управління є ключовим фактором успіху.

Дослідження показують, що на ринку праці спостерігається нестача фахівців у галузі інженерії, які мають досвід у часовому, вартісному та ресурсному плануванні. У будівельній сфері часто зустрічається ситуація, коли обсяги робіт зростають стихійно під час звітної періоду, що змушує керівництво вдаватися до суб'єктивних ручних методів планування та перерозподілу ресурсів. Такі дії, як правило, призводять до падіння продуктивності праці, що суттєво погіршує економічні показники компаній. Наслідками цього є порушення графіків виконання проектів, втрата довіри з боку замовників та партнерів, а також загальне зниження ефективності діяльності. Це підкреслює важливість запровадження структурованих методів управління ресурсами та нагальну потребу у підвищенні рівня кваліфікації інженерно-технічних працівників.

Фактично, будівельні організації вирішують зазначені завдання індивідуально, і методи, які вони застосовують, у більшості випадків ґрунтуються виключно на практичному досвіді інженерно-технічних працівників, не спираючись на системний підхід. Така практика планування виробничої діяльності та регулярна ручна гармонізація ресурсного забезпечення пояснюється відсутністю комплексного уніфікованого підходу до планування роботи трудових ресурсів в умовах змінних обсягів будівельних робіт на різних об'єктах виробничої програми та частою нестачею даних статистичних досліджень реальних технологічних показників наявних виробничих підрозділів. Це підкреслює потребу в розробці стандартизованих підходів та інструментів, які б дозволили систематизувати процеси планування та забезпечили точнішу прогнозованість результатів. Використання сучасних інформаційних технологій та програмного забезпечення може стати ключовим фактором у вирішенні цих проблем, забезпечуючи більш ефективне управління ресурсами та оптимізацію виробничих процесів. Оптимізація використання трудових ресурсів дозволяє не лише знизити витрати, але й підвищити ефективність виробничих процесів. Це потребує розробки чітких графіків роботи, планування навантаження на персонал та забезпечення належних умов праці, що сприятиме підвищенню мотивації та продуктивності працівників. Узагальнення накопиченого досвіду в галузі поточного планування, інтегрування організаційно-технологічного моделювання (IOTM) програми будівельної організації та визначення ефективних напрямків вдосконалення підходів до раціонального розподілу трудових ресурсів в умовах їх гострого дефіциту для планомірного випуску готової продукції відповідно до завдань з виконання договорів підряду дозволять розробити певні оптимізаційні положення для переходу від інтуїтивності до чіткої методики формування та оптимізації плану робіт виробничої програми діяльності будівельної організації. Впровадження нових оптимізаційних схем, що дозволяють планувати фактичні трудові ресурси організації за основним виробничим потоком на пускових об'єктах залежно від

низки постійних та змінних параметрів, допоможуть суттєво знизити ризики реалізації виробничої програми. Отже, розробка та впровадження таких методик сприятимуть підвищенню ефективності будівельних організацій, забезпечуючи більш точне планування та використання ресурсів. Це дозволить не лише знизити ризики та витрати, але й підвищити якість виконання робіт, зміцнюючи позиції підприємства на ринку та підвищуючи його конкурентоспроможність.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Тематика, зміст та результати досліджень по дисертаційній роботі виконані у відповідності із планами науково дослідницьких робіт КНУБА та Академії будівництва України. Автор є одним з виконавцем науково-дослідницької теми за номером державної реєстрації 0124U005196 «Розробка науково-технічного інструментарію для формування та реалізації внутрішньовиробничих планів діяльності будівельної організації». Робота безпосередньо пов'язана з науковими програмами, планами та темами, що спрямовані на вдосконалення методів управління будівельними проектами, оптимізацію використання трудових ресурсів та підвищення ефективності виробничої діяльності. Дослідження інтегрується у загальну стратегію розвитку сучасних підходів до планування та реалізації виробничих програм у будівельній галузі, що відповідає актуальним науковим тенденціям і практичним запитам будівельних організацій. Запропоновані підходи відповідають основним завданням державних і галузевих програм, спрямованих на удосконалення управлінських процесів, підвищення продуктивності праці та вдосконалення механізмів прогнозування ринкових змін. Розроблена в межах дослідження методика сприяє досягненню стратегічних цілей наукових тем, пов'язаних з розробкою адаптивних моделей планування, що базуються на системному аналізі, математичному моделюванні та використанні інформаційних технологій. Таким чином, робота відповідає сучасним науковим програмам та практичним потребам галузі,

спрямованим на підвищення конкурентоспроможності будівельних організацій та раціональне використання ресурсного потенціалу.

Мета і завдання дослідження. Це дисертаційне дослідження спрямоване на розробку науково обґрунтованої методики, яка забезпечить формування та оптимізацію плану робіт виробничої програми будівельної організації. Основна мета полягає у створенні інструментарію, що дозволить ефективно концентрувати та регулювати трудові ресурси виробничих підрозділів провідного потоку на ключових об'єктах, а також максимально залучати внутрішні резерви цих підрозділів. Запропонована методика покликана підвищити ефективність виробничої діяльності шляхом оптимізації використання ресурсів, зменшення простоїв та забезпечення своєчасного виконання будівельних проектів. Це, у свою чергу, сприятиме підвищенню конкурентоспроможності організації на ринку будівельних послуг. Для досягнення поставленої мети в дисертації успішно вирішено такі завдання як:

- Аналіз систематизації загально-теоретичних та проєктних передумов для удосконалення та оптимізації виробничої програми будівельних організацій, яка враховує техніко-економічні характеристики та специфіку діяльності галузі;
- Дослідження ефективності будівельних програм в умовах централізованого планування та визначення напрямків модернізації системи планування трудових ресурсів з метою оптимізації використання робочої сили та зниження витрат у будівельній галузі.
- Пошук загально-методичного базису для моделювання програми робіт будівельної організації, включаючи формування параметрів та чинників, що визначають організаційно-технологічний простір, з метою підвищення ефективності планування та реалізації виробничих програм.
- Формування та верифікація методу оптимізації виробничих програм в умовах змінних ринкових факторів, з використанням комплексної класифікації детермінуючих чинників операційного процесу, та

проведення матричного аналізу номенклатури виконуваних робіт для визначення найбільш ефективних стратегій виконання річних програм робіт.

- Визначення аналітичного базису для моделювання та оптимізації програми робіт будівельної організації на основі модернізованої критеріально-параметричної системи, що дозволяє враховувати специфіку технологічних та організаційних аспектів будівельного процесу для підвищення ефективності планування.
- Побудова алгоритму впровадження інтегрованої системи організаційно-технологічного моделювання (ІОТМ) та оптимізації програми діяльності будівельної організації (ПДБО), а також формування комплексу прикладних програм і рекомендацій для застосування результатів дослідження в практиці адміністрування будівельних організацій.

Об'єктом дослідження виступає система планування робіт у робочій програмі будівельної організації, яка охоплює методи, інструменти та механізми координації виробничих процесів, спрямованих на оптимізацію використання ресурсів і підвищення ефективності виконання будівельних проєктів.

Предметом дослідження є інтегроване організаційно-технологічне моделювання (ІОТМ) та оптимізація програми діяльності будівельної організації (ПДБО). Комплексний аналіз процесу планування будівельних робіт у робочій програмі організації, враховуючи ресурсне забезпечення, управління строками виконання та підвищення ефективності реалізації проєктів. Дослідження зосереджене на аналізі та вдосконаленні методів, що дозволяють оптимально планувати та керувати використанням робочих ресурсів в будівельній галузі.

Методи дослідження. Для досягнення високої продуктивності та наукової обґрунтованості у вирішенні теоретичних, методичних і практичних

завдань, поставлених у роботі, було застосовано комплексний підхід, що поєднує міждисциплінарні та прикладні методи дослідження, які слугують загальною основою та інструментом наукового аналізу:

- Використання елементів теорії систем, методів системного аналізу та систематики – дозволяє розглядати будівельну організацію як цілісну систему, виявляти взаємозв'язки між її елементами та аналізувати вплив зовнішніх та внутрішніх факторів на її функціонування,
- Використання експертно-аналітичний методу що дозволяє врахувати думки фахівців при визначенні вагомості критеріїв оптимізації та оцінці ефективності рішень;
- Застосування чисельного аналізу та математичної обробки результатів досліджень, методи математичної статистики – дає змогу кількісно оцінювати дані, будувати прогнознi моделі та приймати обґрунтовані рішення на основі статистичної достовірності;
- Застосування інтегрованого організаційно-технологічного моделювання (ІОТМ) – дозволяє створювати моделі будівельних процесів, що враховують технологічні, організаційні та ресурсні обмеження, для оптимізації виробничих операцій;
- Теорія обмежень – спрямована на виявлення та усунення "вузьких місць", які обмежують продуктивність виробничих процесів.

Наукова новизна роботи визначається тим, що у даному дослідженні удосконалено та обґрунтовано комплексний підхід до інтегрованого організаційно-технологічного моделювання (ІОТМ) та оптимізації програми діяльності будівельної організації (ПДБО), що включає новітні методи й науково-прикладні інструменти для підвищення ефективності планування та реалізації проєктів. На підставі отриманих у дисертації результатів:

Удосконалено:

- *комплексну модель організаційно-технологічної оптимізації будівельних проєктів, яка базується на новітніх технологіях та методиках*

адаптивного планування. Запропонована модель сприяє зниження витрат, часу та ресурсів шляхом ефективного використання часових, трудових та матеріально-технічних ресурсів. Основна перевага моделі полягає в її здатності мінімізувати витрати шляхом оптимального розподілу та використання трудових, матеріальних і технічних ресурсів. На відміну від попередніх досліджень, де такі підходи не застосовувались, запропонована модель враховує динамічні умови будівництва, дозволяючи оперативно адаптуватися до змін у проектних вимогах або зовнішніх факторів. Це забезпечує не лише економію коштів, але й скорочення часу реалізації проектів, підвищення якості виконаних робіт та зниження ризиків, пов'язаних із непередбачуваними обставинами. Таким чином, модель стає важливим інструментом для сучасного будівництва, що відповідає вимогам ефективності та конкурентоспроможності в умовах ринкової економіки.

- критерії ефективності та адаптивності виробничих програм діяльності будівельних організацій, що дозволяють оптимізувати розподіл ресурсів та строки реалізації проектів. Ці критерії дозволяють більш точно оцінювати та оптимізувати розподіл ресурсів, включаючи трудові, матеріальні та фінансові, що в свою чергу сприяє скороченню строків реалізації проектів без втрати якості виконаних робіт. Вдосконалення критеріїв було здійснено з урахуванням сучасних вимог до управління будівельними процесами, таких як необхідність гнучкості, швидкої адаптації до змін у зовнішніх умовах, а також використання інноваційних технологій. Це дозволяє будівельним організаціям ефективніше реагувати на виклики, пов'язані з нестабільністю ринку, змінами у законодавстві або іншими факторами, що впливають на хід будівництва. В результаті, впровадження удосконалених критеріїв забезпечує не лише економію ресурсів, але й підвищує конкурентоспроможність організацій, дозволяючи їм успішно реалізовувати складні проекти в умовах обмежених термінів та бюджетів.

Одержав подальший розвиток:

- *комплексний оптимізаційний інструментарій, який призначений для раціонального формування планів робіт у рамках виробничої програми організації.* Цей інструментарій є важливим кроком у напрямку вдосконалення процесів планування та управління ресурсами, оскільки він інтегрує сучасні методики аналізу, прогнозування та оптимізації. Завдяки його використанню значно покращується якість планування, що дозволяє більш точно визначати обсяги робіт, оптимально розподіляти ресурси (трудові, матеріальні, фінансові) та встановлювати реальні строки виконання проектів. Інструментарій враховує різноманітні фактори, такі як динаміка ринкових умов, доступність ресурсів, технологічні обмеження та ризики, що дозволяє адаптувати плани до змін у реальному часі. Це забезпечує підвищення ефективності управління виробничими процесами, знижує ймовірність виникнення простоїв або перевитрат, а також сприяє досягненню стратегічних цілей організації. Таким чином, розвиток цього інструментарію стає ключовим елементом у забезпеченні конкурентоспроможності та успішної реалізації складних проектів у сучасних умовах господарювання.

- *методи інтегрованого організаційно-технологічного моделювання, які дозволяють тестувати різні сценарії розвитку подій і визначати оптимальні варіанти реалізації виробничих програм будівельної організації.* Вони дозволяють відтворювати виробничі процеси у віртуальному середовищі, аналізувати логістичні потоки, оцінювати вплив випадкових факторів, прогнозувати продуктивність систем, оптимізувати розподіл ресурсів і підтримувати ухвалення управлінських рішень. Завдяки інтегрованому організаційно-технологічному моделюванню підприємства можуть заздалегідь оцінювати наслідки управлінських дій, мінімізувати ризики та підвищувати стійкість виробничих програм до змін зовнішнього середовища, що сприяє їх ефективному плануванню та реалізації.

- *цифрові інструменти для моніторингу виконання планів і аналізу відхилень, що сприяють підвищенню оперативності та точності прийняття*

управлінських рішень. Вони включають автоматизовані системи збору та обробки даних у реальному часі, аналітичні панелі, що надають візуалізацію ключових показників ефективності, а також алгоритми машинного навчання для прогнозування можливих відхилень та їхніх причин. Завдяки цим інструментам керівники можуть своєчасно виявляти диспропорції між плановими та фактичними показниками, швидко реагувати на зміну умов, оптимізувати використання ресурсів та запобігати потенційним кризовим ситуаціям. Інтеграція цифрових рішень у виробниче планування дозволяє значно знизити рівень невизначеності, підвищити ефективність координації між підрозділами та сприяти більш гнучкому і адаптивному управлінню в умовах мінливої ринкової кон'юнктури.

Практична цінність роботи визначається удосконалення інструментарію, створеного на основі запропонованої методики, що забезпечує ефективне управління та оптимізацію процесів у рамках реалізації таких проєктів, а також включає інструмент оперативного планування, який дозволяє інженерно-технічним фахівцям ефективно розробляти та постійно вдосконалювати календарні плани в межах виробничої програми будівельної організації, враховуючи обмеженість ресурсів та взаємозалежність між існуючими та потенційними об'єктами. Виявлені закономірності дають змогу під час планування будівельних робіт кількісно визначати необхідний резерв трудових ресурсів, що дозволяє мінімізувати вплив різних дестабілізуючих чинників, які раніше ігнорувалися при формуванні чисельного та кваліфікаційного складу бригад. Такий підхід забезпечує збалансоване розподілення навантаження на штатні виробничі підрозділи, враховуючи допустимі відхилення між плановими та фактичними показниками чисельності ресурсів.

Публікації. Передумови та гіпотеза дослідження, його основні етапи, результати та висновки з належною повнотою відображено у 13 наукових працях, з яких 6 статей у виданнях, що входить до переліку фахових видань,

затверджених ДАК МОН України. Із зазначеного переліку одна праця опублікована у виданні, що входить до міжнародних наукометричних баз.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційне дослідження виконане автором самостійно. Усі наукові положення, отримані результати, висновки та рекомендації, представлені в роботі та подані на захист, є безпосереднім підсумком власної наукової діяльності здобувача. Авторський внесок детально відображено у переліку опублікованих наукових праць.

Апробація результатів дисертації. Основні теоретичні та практичні результати дослідження були представлені на наукових конференціях і семінарах, де отримали схвалення фахової спільноти. Відомості про ці заходи наведені у списку опублікованих праць.

Опис структури та обсягу роботи. Структура роботи підпорядкована змісту вирішуваних в ній задач, етапів дослідження та результатів дослідження. Дисертаційна робота включає: анотації, список праць здобувача за темою дисертації, зміст, вступ, три розділи, висновки, список літератури та додатки. Загальний обсяг роботи становить 184 сторінки друкованого тексту, містить 20 таблиць, 20 рисунків.

РОЗДІЛ 1. СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ ТА КОНЦЕПТУАЛЬНО ТЕОРЕТИЧНИХ АСПЕКТІВ ФОРМУВАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОГРАМИ ДІЯЛЬНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ

1.1. Систематизація загально-теоретичних та проєктних передумов для моделювання та оптимізації виробничої програми будівельних організацій

Один із ключових етапів у розробці підходів до інтегрованого організаційно-технологічного моделювання (ІОТМ) та оптимізації програми діяльності будівельної організації (ПДБО) полягає в систематизації загально-теоретичних та проєктних передумов, які визначають концептуальні основи побудови ефективних моделей управління виробничими процесами. Систематизація цих передумов охоплює комплекс питань, пов'язаних із структурно-функціональним аналізом діяльності будівельних організацій, класифікацією факторів впливу на виробничу програму, визначенням ключових критеріїв ефективності, а також формуванням концептуальних засад оптимізації. З одного боку, загально-теоретичні передумови включають концептуальні основи управління будівельним виробництвом, економіко-математичні методи аналізу й прогнозування, закономірності формування виробничих процесів та організаційно-технологічні моделі управління ресурсами. З іншого боку, проєктні передумови фокусуються на конкретних аспектах моделювання виробничої програми, що базується на аналізі технологічних і організаційних рішень, раціоналізації розподілу ресурсів, визначенні логістичних схем та формуванні механізмів адаптації до змін ринкового середовища. Визначення цих передумов є необхідним кроком для розробки ефективних алгоритмів моделювання, які дозволяють не лише враховувати внутрішні і зовнішні фактори впливу, а й забезпечувати гнучке та адаптивне управління програмою діяльності будівельної організації з урахуванням сучасних викликів і тенденцій розвитку галузі. Таким чином, систематизація загально-теоретичних та проєктних передумов є основою для

побудови інтегрованих моделей, що забезпечують ефективне управління виробничою програмою будівельних організацій та підвищення їх конкурентоспроможності [10, 79, 111].

У сучасних умовах розвитку будівельної галузі все більше уваги приділяється інтеграції цього процесу в загальну систему управління життєвим циклом об'єкта, що забезпечує узгодженість між різними етапами реалізації проекту. Впровадження сучасних інформаційних технологій, зокрема систем прогнозування та контролю, дозволяє мінімізувати ризики та оптимізувати використання ресурсів, підвищуючи загальну ефективність будівництва. Це, у свою чергу, зумовлює необхідність подальшого аналізу та формулювання наступних концептуальних положень:

— У більшості інших нормативно-технічних джерел планування виробничої діяльності на об'єкті інтегровано у комплексну стадію будівництва, що передбачає системний підхід до управління виконанням робіт на різних етапах життєвого циклу об'єкта. Такий підхід спрямований на забезпечення безперервності та інтеграції виробничих процесів, що дозволяє досягати більш високих показників ефективності та зниження витрат;

— Важливим є те, що впровадження інтегрованих інформаційних систем для управління виробничими процесами дозволяє мінімізувати ризики, пов'язані із затримками та відхиленнями від графіку. Це досягається шляхом використання передових методів прогнозування і контролю, що сприяють підвищенню надійності виконання будівельних робіт та оптимізації використання ресурсів [129];

— Процес планування виробничої діяльності на будівельному об'єкті відіграє критичну роль у забезпеченні успішної реалізації проекту на стадії будівництва. Це сприяє своєчасному введенню об'єкта в експлуатацію завдяки завершенню всіх етапів будівельних робіт у встановлені терміни [33];

— Важливим є те, що впровадження інтегрованих інформаційних систем для управління виробничими процесами дозволяє мінімізувати ризики, пов'язані із затримками та відхиленнями від графіку. Це досягається шляхом

використання передових методів прогнозування і контролю, що сприяють підвищенню надійності виконання будівельних робіт та оптимізації використання ресурсів;

— Слід також зазначити, що розвиток цифрових технологій, зокрема застосування інформаційного моделювання (Building Information Modeling), значно спрощує процеси планування та управління будівництвом, підвищуючи загальну ефективність і знижуючи витрати на всіх стадіях життєвого циклу об'єкта. Це включає не лише розробку та затвердження проєктної документації, але й оперативне коригування планів в умовах зміни зовнішніх факторів [130];

— У сучасних умовах важливо вдосконалювати нормативно-технічні акти, що регламентують діяльність з планування виробничих процесів у будівництві. Це передбачає розробку більш детальних регламентів, які б описували періодичність, виконавців, склад та зміст процедур планування, враховуючи сучасні технології управління проєктами. Відсутність таких регламентів у чинних документах ускладнює ефективне управління ресурсами та впровадження інноваційних методів у будівельній сфері [86].

Загалом, оптимізація процесів планування будівельного виробництва є однією з ключових управлінських функцій, яка дозволяє досягати стратегічних цілей проєкту, встановлювати темпи розвитку галузі та розробляти оптимальні організаційно-технологічні моделі для досягнення високих показників якості та надійності кінцевих об'єктів. У цьому контексті ефективне управління ресурсами (матеріальними, трудовими та фінансовими) дозволяє будівельним підприємствам адаптуватися до змін у ринковому середовищі та забезпечує стійкий розвиток галузі в умовах конкурентного тиску. Сучасна модернізація будівельної галузі спрямована на підвищення якості та надійності кінцевої продукції, що забезпечує своєчасне введення в експлуатацію нових об'єктів без порушення встановлених термінів. Ключовим елементом цього процесу є інтеграція інформаційного моделювання (Building Information Modeling, BIM), що охоплює планування,

координацію та контроль операцій, процесів і робіт на всіх стадіях життєвого циклу об'єкта. Розробка концепції «життєвого циклу» об'єкта передбачає чітке структурування на етапи, серед яких особливо виділяється стадія будівництва, під час якої здійснюється безпосереднє виконання будівельних робіт силами підрядних організацій [31, 108].

На етапі реалізації проєкту важливою складовою є деталізоване планування виробничої діяльності, що включає управління виконанням будівельних робіт з метою забезпечення ефективного завершення проєкту. Однак, варто зазначити, що чинні нормативно-технічні документи поки що не містять детального регламенту щодо типів, періодичності, виконавців та змісту необхідних процедур для планування будівельного виробництва, що актуалізує потребу в розробці нових нормативних актів. Планування будівельного виробництва є однією з ключових управлінських функцій, що дозволяє визначати стратегічні цілі, регулювати темпи реалізації проєктів та формувати оптимальні організаційно-технологічні моделі. Цей процес охоплює ефективне використання матеріальних, трудових та фінансових ресурсів, вибір оптимальних методів реалізації будівельних проєктів з урахуванням прогнозованих та директивних параметрів. Також, адаптивне планування забезпечує можливість оперативного реагування на зміни у виробничих умовах шляхом впровадження гнучких підходів до оптимізації використання ресурсів. Це дозволяє своєчасно реагувати на коливання попиту та зміну ринкових умов, що сприяє підвищенню конкурентоспроможності будівельних підприємств і забезпечує досягнення максимальної продуктивності в реалізації масштабних будівельних проєктів. Впровадження автоматизованих систем управління та контролю виробничих процесів дозволяє знизити ризики відхилень від запланованих графіків, сприяючи підвищенню надійності та ефективності виконання будівельних робіт. Це стає особливо важливим у сучасних умовах нестабільності ринку, що потребують швидкої адаптації та гнучкості в управлінні проєктами та водночас дозволяє сформулювати інтегроване визначення, яке включає основні характеристики

планування як системи управління, спрямованої на оптимізацію використання ресурсів на всіх етапах виробничих процесів. У будівельній сфері планування відіграє вирішальну роль, оскільки його головною метою є створення ефективної моделі реалізації будівельних проєктів, що забезпечує досягнення високої продуктивності [85, 114].

Процес планування ж поділяється на декілька рівнів залежно від термінів і стратегічних завдань: генеральне планування, що орієнтоване на довгострокову перспективу; стратегічне — для середньострокових цілей; тактичне — для короткострокових завдань; та оперативне, яке включає оперативне реагування та диспетчеризацію робіт. Основою виробничого планування є оптимізація та раціональний розподіл ресурсів, що здійснюється періодично для забезпечення стабільної роботи будівельних організацій. Це передбачає детальну організацію управління ресурсами на всіх стадіях будівельного циклу, що є критично важливим як для генеральних підрядників, так і для субпідрядних організацій.

Для досягнення максимальної ефективності в плануванні використовуються різні організаційно-технологічні підходи, зокрема, циклограмні, лінійні та мережеві моделі, які забезпечують структуроване виконання завдань. Також у процесах управління будівельними проєктами широко застосовуються методи моделювання, такі як лінійне та динамічне програмування, мережеве моделювання. Ці методи підкріплюються використанням статистичного та інтегрованого організаційно-технологічного моделювання (ІОТМ) для підвищення точності прогнозування та оптимізації процесів на різних етапах проєкту. З позиції будівельних організацій (генеральних підрядників та субпідрядників) система планування виробничої діяльності складається з кількох ієрархічних рівнів, кожен із яких має власні цілі, завдання та результуючі документи, що формалізують управлінські рішення [115, 124].

На рівні генерального планування основною метою є визначення стратегічних напрямів розвитку організації на тривалі часові горизонти. Це

включає розробку матеріальних, фінансових та соціальних стратегій, що забезпечують стабільний розвиток і зростання прибутковості. На цьому етапі ключовими завданнями є встановлення матеріально-технічних і фінансових орієнтирів, а також визначення пріоритетів для досягнення соціальної стабільності. Стратегічне планування деталізує рішення, прийняті на генеральному рівні, з урахуванням можливих зовнішніх викликів і ризиків. Воно включає впровадження сучасних підходів до наукової організації праці, що сприяє підвищенню ефективності управління проектами та оптимізації ресурсів [87, 89]. Поточне планування забезпечує інтеграцію організаційних та технологічних аспектів виконання будівельних робіт. Завданням цього етапу є формування детальних графіків робіт та планів використання ресурсів, що корелюються із запланованими обсягами будівельних завдань. Це забезпечує безперервність виконання робіт та максимальне завантаження підрозділів, що підвищує загальну продуктивність. Оперативне планування, яке включає диспетчеризацію, спрямоване на організацію конкретних робіт та виконання завдань на об'єкті. Воно забезпечує видачу завдань виконавцям, координацію дій підрозділів та оперативний контроль за виконанням запланованих робіт. На цьому рівні важливими є своєчасне відкриття фронтів робіт для підрядників, координація дій та оптимізація використання наявних ресурсів для мінімізації витрат і забезпечення ефективності виконання робіт. Координація на всіх рівнях планування дозволяє будівельним організаціям досягати стратегічних цілей, зберігаючи високу ефективність і стабільність у реалізації проектів. Використання стратегічного підходу до управління ресурсами та оптимізація процесів на різних стадіях життєвого циклу об'єкта дозволяє мінімізувати витрати, підвищити якість виконання робіт і забезпечити своєчасне завершення проектів із дотриманням встановлених стандартів якості. Впровадження автоматизованих систем управління та контролю в межах планування сприяє підвищенню точності прогнозування термінів виконання робіт та оптимізації витрат, що стає ключовим фактором у сучасних умовах динамічного розвитку будівельної галузі [88, 90].

Точне визначення термінів і понять є важливим етапом у дослідженні теоретичних і практичних аспектів планування будівельного виробництва. У сучасній системі управління будівельними проєктами виокремлюють чотири ключові рівні планування, кожен з яких виконує специфічні функції, спрямовані на досягнення стратегічних та операційних цілей організації. Генеральний рівень має на меті формування стратегічних векторів розвитку організації. На цьому рівні керівництво компанії та рада директорів здійснюють стратегічний аналіз, використовуючи результати економічних і маркетингових досліджень, а також дані бізнес-планів і корпоративної місії. Основними завданнями є визначення матеріальних, фінансових і соціальних цілей, що слугують орієнтирами для функціонування організації в довгостроковій перспективі. Встановлення таких орієнтирів дозволяє розробити цільову програму розвитку, яка визначає пріоритети та стратегічні напрями діяльності на майбутні роки. Стратегічний рівень ж спрямований на деталізацію генеральних стратегій та їх адаптацію до мінливих умов зовнішнього середовища. На цьому етапі планово-економічні підрозділи здійснюють аналіз впливу зовнішніх чинників, визначають ресурси, необхідні для реалізації встановлених стратегічних напрямів, і розробляють програми розвитку [107]. Основними вихідними даними є цільові програми, кадровий потенціал, бюджетні ресурси, а також аналіз потенційних ризиків і невизначеностей. Результатом стратегічного рівня є формування базової стратегії, яка визначає ключові напрямки діяльності та розвитку організації. Поточне планування концентрується на детальному опрацюванні завдань, пов'язаних із організацією та координацією будівельних робіт. Тут планово-технічні відділи спільно з проєктними групами розробляють конкретні плани виконання робіт, орієнтуючись на наявність матеріально-технічних ресурсів і кваліфікацію персоналу. Основним завданням є забезпечення безперебійного виконання робіт на об'єктах, створення детальних графіків постачання матеріалів та ресурсів, що гарантує своєчасність реалізації проєктів і мінімізує можливі затримки. І нарешті оперативне планування фокусується на

організації та управлінні щоденними операціями. Основна мета цього рівня — забезпечення оперативного виконання робіт через планування короткострокових завдань, які видаються безпосереднім виконавцям і підрозділам. Виробничо-технічні відділи займаються координацією та розподілом ресурсів, управлінням засобами механізації та трудовими ресурсами, що дозволяє оптимізувати використання виробничих потужностей. Результатом є створення детальних тижневих і добових графіків, що дозволяють своєчасно реагувати на зміни в умовах будівельного процесу та ефективно використовувати ресурси [37, 100].

У сукупності, така багаторівнева система планування створює умови для гнучкої адаптації будівельних організацій до динамічних змін у зовнішньому середовищі. Вона дозволяє оптимізувати використання ресурсів, зменшити витрати та досягти поставлених цілей за допомогою скоординованої реалізації проєктів різної складності. Застосування стратегічного, тактичного та оперативного підходів до планування гарантує високий рівень ефективності та результативності в управлінні будівельними проєктами. Така розроблена система планування будівельного виробництва не є жорстко регламентованою, а пропонується як орієнтир, сформований на основі всебічного аналізу типових практик будівельних підприємств у різні історичні періоди, а також на базі наукометричних досліджень відповідної літератури. Керівництво компаній має можливість самостійно визначати найбільш ефективні методи організації діяльності, адаптуючи систему планування відповідно до специфічних потреб і завдань. Водночас класична модель планування забезпечує логічну узгодженість між основними документами, що регламентують управлінські рішення на різних рівнях, та інтегрує базові принципи стратегічного і тактичного управління в будівельній галузі [98, 106].

В цілому у системі планування будівельних проєктів дотримуються низки ключових принципів, які забезпечують ефективність реалізації завдань та досягнення поставлених цілей (*Рисунок 1-1*):



Рисунок 1-1 Ключові фактори успішного управління будівельними проектами

— Чітке визначення цілей та обсягу проекту. Чітке визначення цілей та обсягу проекту є фундаментальним етапом у плануванні будівництва. Це означає, що всі аспекти проекту, включаючи функціональні вимоги, дизайн, розміри, матеріали та очікувані результати, повинні бути докладно описані та погоджені з усіма зацікавленими сторонами. Це дозволяє уникнути непорозумінь, змін у проекті на пізніх стадіях та забезпечує ефективне використання ресурсів. Крім того, чітке визначення цілей допомагає встановити конкретні критерії успіху та показники ефективності, за якими можна оцінювати прогрес проекту [126];

— Проведення детального техніко-економічного обґрунтування та аналізу ризиків. Детальне техніко-економічне обґрунтування включає аналіз всіх технічних та економічних аспектів проекту. Це допомагає визначити, чи є проект життєздатним та які будуть його фінансові показники. Аналіз ризиків, у свою чергу, передбачає ідентифікацію потенційних загроз, оцінку їх ймовірності та впливу на проект. До ризиків можуть належати коливання цін

на матеріали, зміни в законодавстві, технічні проблеми або затримки в постачаннях. Розробка стратегій управління ризиками дозволяє підготуватися до можливих проблем та мінімізувати їх вплив;

— Розробка детального графіка виконання робіт. Створення детального графіка виконання робіт забезпечує структурований підхід до реалізації проекту. Він включає розподіл всіх завдань за часом, визначення ключових етапів, встановлення взаємозв'язків між завданнями та призначення відповідальних осіб. Використання програмних засобів для управління проектами (наприклад, Microsoft Project чи Primavera) допомагає візуалізувати графік та контролювати його виконання. Це дозволяє вчасно виявляти відхилення від плану та вживати коригувальних дій;

— Точне бюджетування та управління витратами. Точне бюджетування передбачає розрахунок всіх необхідних витрат на реалізацію проекту з урахуванням можливих непередбачених обставин. Це включає вартість матеріалів, робочої сили, обладнання, послуг субпідрядників, а також адміністративні та інші супутні витрати. Управління витратами передбачає постійний моніторинг фактичних витрат та порівняння їх з бюджетними показниками. Вчасне виявлення перевитрат або економії дозволяє приймати обґрунтовані фінансові рішення та підтримувати проект у межах затвердженого бюджету;

— Дотримання будівельних норм та отримання необхідних дозволів. Забезпечення відповідності проекту будівельним нормам та стандартам є критичним для його легітимності та безпеки. Це включає виконання вимог з будівельних матеріалів, конструкцій, інженерних систем, пожежної безпеки, екології тощо. Отримання необхідних дозволів від державних органів та місцевих адміністрацій гарантує, що проект відповідає всім законодавчим вимогам. Недотримання цих норм може призвести до штрафів, юридичних проблем та зупинки будівництва;

— Впровадження стійких та екологічно чистих технологій. Сучасні будівельні проекти все частіше орієнтуються на принципи стійкого розвитку. Це означає використання енергоефективних рішень, зменшення викидів шкідливих речовин, раціональне використання водних та енергетичних ресурсів. Впровадження екологічно чистих матеріалів та технологій не тільки знижує негативний вплив на довкілля, але й може підвищити економічну ефективність проекту в довгостроковій перспективі через зменшення експлуатаційних витрат;

— Ефективна комунікація та співпраця між учасниками проекту. Успішне виконання будівельного проекту залежить від злагодженої роботи всіх учасників: замовників, проектувальників, підрядників, постачальників та інших стейкхолдерів. Ефективна комунікація забезпечує своєчасний обмін інформацією, швидке вирішення проблем та прийняття обґрунтованих рішень. Важливо встановити чіткі канали зв'язку, розподіл відповідальності та регулярні зустрічі для обговорення прогресу та питань, що виникають;

— Впровадження системи контролю якості. Система контролю якості спрямована на забезпечення відповідності виконуваних робіт та матеріалів встановленим стандартам та вимогам проекту. Це включає розробку плану контролю якості, проведення регулярних перевірок та випробувань, документування результатів та коригувальних дій у разі виявлення відхилень. Висока якість будівництва підвищує довговічність та безпеку об'єкта, а також задоволеність замовника;

— Планування заходів з безпеки та охорони праці. Безпека на будівельному майданчику є пріоритетом, оскільки від цього залежить життя та здоров'я працівників. Планування заходів з охорони праці включає ідентифікацію потенційних небезпек, розробку правил та інструкцій з безпеки, навчання персоналу, забезпечення засобами індивідуального захисту та контроль дотримання вимог. Регулярні інспекції та аудит безпеки допомагають підтримувати високий рівень охорони праці та запобігати нещасним випадкам;

— Готовність до управління змінами та непередбачуваними ситуаціями. Будівельні проекти часто стикаються з змінами та непередбачуваними обставинами, які можуть вплинути на графік, бюджет або обсяг робіт. Готовність до управління змінами включає розробку процедур для оцінки впливу змін, прийняття рішень щодо їх впровадження та комунікації зі всіма зацікавленими сторонами. Також важливо мати план дій на випадок надзвичайних ситуацій, що дозволить швидко реагувати та мінімізувати негативні наслідки для проекту [92, 96].

Дотримання цих принципів у системі планування дозволяє будівельним організаціям досягати високої ефективності, мінімізувати ризики та забезпечувати стабільне виконання проєктів у встановлені терміни. Застосування науково обґрунтованих методів планування сприяє підвищенню конкурентоспроможності та стійкому розвитку будівельної галузі. Планування будівельних об'єктів — це складний процес, який вимагає ретельного підходу та врахування багатьох аспектів. Кожен з десяти ключових принципів відіграє критичну роль у забезпеченні успішної реалізації проєкту. Чітке визначення цілей та обсягу проєкту створює фундамент для подальших дій, а детальне техніко-економічне обґрунтування та аналіз ризиків допомагають приймати обґрунтовані рішення. Розробка детального графіка та точне бюджетування забезпечують ефективне управління часом та ресурсами. Виконання будівельних норм та впровадження екологічно чистих технологій гарантують відповідність проєкту сучасним стандартам та вимогам суспільства. Ефективна комунікація та співпраця між учасниками проєкту сприяють злагодженій роботі та швидкому вирішенню проблем. Впровадження системи контролю якості та планування заходів з безпеки забезпечують високий рівень виконання робіт та захист здоров'я працівників. Нарешті, готовність до управління змінами дозволяє гнучко реагувати на виклики та непередбачувані ситуації. Загалом, інтеграція цих принципів у процес планування сприяє успішному завершенню будівельних проєктів, задовольняючи потреби замовників та суспільства, а також забезпечуючи

стійкий розвиток галузі. Ефективне планування не лише мінімізує ризики та витрати, але й створює основу для довговічних та безпечних будівель, що відповідають найвищим стандартам якості [116, 118].

1.2. Дослідження процесів формування та впровадження будівельних програм в умовах централізованого планування

Процеси формування та впровадження будівельних програм в умовах централізованого планування характеризуються жорсткою регламентацією, директивним розподілом ресурсів і визначенням виробничих завдань на основі державних планових показників, що значною мірою впливало на ефективність діяльності будівельних організацій. Централізоване планування передбачало ієрархічну структуру управління, де ключові рішення ухвалювалися на державному рівні, а будівельні підприємства виступали як виконавці, підпорядковані загальній стратегії розвитку народного господарства. Важливим аспектом дослідження є аналіз концептуальних підходів до планування будівельних програм, що ґрунтувалися на нормативних показниках виробничої потужності, довгострокових державних планах капітального будівництва та системі державних замовлень. Особливістю такого підходу була відносна стабільність і передбачуваність забезпечення матеріальними та фінансовими ресурсами, однак жорсткість планових обмежень та обмежена гнучкість у прийнятті рішень призводили до низької адаптивності будівельних програм до змін зовнішнього середовища [25, 40, 42]. Також суттєвим чинником була специфіка розподілу виробничих потужностей між регіонами та галузями, що відображало стратегічні пріоритети державної економічної політики, проте не завжди враховувало реальні потреби та можливості конкретних будівельних організацій. У процесі впровадження будівельних програм важливу роль відігравала система контролю за виконанням планових показників, що базувалася на адміністративних методах управління, нормативних актах і фінансових механізмах стимулювання. Дослідження цих процесів дозволяє виявити

сильні та слабкі сторони централізованого підходу, що є важливим для формування сучасних інтегрованих моделей управління будівельними програмами з урахуванням як планових принципів, так і ринкових механізмів регулювання, спрямованих на підвищення ефективності використання ресурсів та оптимізацію виробничих процесів у будівельній галузі [35, 70].

Планування будівельної діяльності є ключовим елементом розвитку економіки, оскільки забезпечує ефективний розподіл ресурсів, визначення пріоритетів та контроль за виконанням проєктів. В історичному контексті України цей процес зазнав значних трансформацій, зокрема від жорсткої централізованої моделі, характерної для соціалістичної економіки, до сучасних ринкових механізмів. До моменту здобуття Україною суверенітету ключову роль у розвитку будівельної галузі відігравала система централізованого планування, яка визначала основні напрями діяльності, регулювала розподіл ресурсів та забезпечувала виконання стратегічних завдань. У межах соціалістичної економічної формації домінувала планова система, в якій реалізація будь-якого будівельного проєкту поза затвердженим державним планом була практично неможливою. Частка позапланових об'єктів свідомо зменшувалася, що призводило до їхнього мінімального відсотка в загальному обсязі будівництва. Фінансування конкретних будівельних об'єктів національним банком та укладання договорів будівельного підряду здійснювалися лише після належного формування та погодження внутрішньобудівельного титульного списку за встановленою формою. Планування будівництва в умовах планової економіки України до здобуття незалежності базувалося на чіткій централізованій системі. Цей процес був багаторівневим і передбачав участь різних державних структур та наукових установ [43, 52].

Першим етапом було формування комплексної програми науково-технічного прогресу, яка розраховувалася на вісімнадцять років. За розробку цієї програми відповідали інститути наукових досліджень, рада інновацій та технічного розвитку, а також профільні міністерства під керівництвом

виконавчої адміністрації. Метою програми було закласти довгострокові напрями розвитку науки і техніки, що слугували основою для подальшого економічного планування. На наступному етапі визначалися основні напрями економічного та соціального розвитку країни. Це завдання виконувалося національним агентством з планування та центром аналізу даних і будівельного розвитку. Виконавча адміністрація також брала активну участь у погодженні цих планів. Основна мета полягала у розробці стратегій розвитку на десятиліття з урахуванням соціальних та економічних потреб країни. Подальшим кроком було формування або коригування загальнодержавного зведеного плану розвитку народного господарства. Це включало деталізацію конкретних завдань, необхідних для розвитку ключових галузей економіки, зокрема будівництва. Виконанням цього завдання займалися ті ж установи, що й на попередньому етапі, з акцентом на забезпечення координації між різними галузями. Однією з основних задач було визначення введення в дію виробничих потужностей та основних фондів на основі п'ятирічного економічного нормативу. Це завдання також виконувалося національним агенством з планування разом із науково-дослідними інститутами, що займалися розробкою стандартів і нормативів. Після цього формувався галузевий план капітального будівництва з розбивкою завдань по кварталах. У цьому процесі брали участь національні банки та управління державного забезпечення під контролем виконавчої адміністрації. Такий підхід дозволяв забезпечити чіткий розподіл ресурсів і своєчасне виконання будівельних робіт. Завершальним етапом було формування внутрішнього титульного списку будівельних робіт. Без цього документа неможливо було укласти договір на виконання підрядних робіт та забезпечити фінансування через національний банк. За цей процес відповідали будівельні об'єднання та альянси разом із дирекцією підприємств, що мали на меті будівництво. Таким чином, централізована система планування забезпечувала чіткий контроль за всіма етапами реалізації будівельних проєктів, що дозволяло ефективно

розподіляти ресурси і виконувати завдання в межах запланованих строків [64, 66].

У рамках планової економіки ієрархічна система управління будівельним виробництвом була чітко структурованою. На вершині цієї структури знаходилося Міністерство, яке виконувало функції головного координатора та контролюючого органу. Під його керівництвом діяли центральні установи що називались головним управлінням, які здійснювали управління всіма видами будівельних робіт. Головним виконавцем масштабних проєктів виступав генеральний підрядник, який ніс відповідальність за будівництво об'єктів та координував діяльність різних підрядних організацій. До цих організацій належали будівельні альянси та будівельні управління, які могли функціонувати як у складі альянсів, так і автономно. Крім того, важливу роль у цій структурі відігравали інші організації, наділені спеціальними повноваженнями. Для досягнення максимальної спеціалізації будівництво здійснювалося декількома будівельними та оздоблювальними управліннями. Додатково було організовано управління механізації, яке, як правило, являло собою окрему структуру, що забезпечувала технічну підтримку та постачання спеціалізованого обладнання. Ця ієрархічна система забезпечувала передачу планових показників від Міністерства до конкретних підрозділів, які, у свою чергу, формували титульні списки та плани введення будівельних об'єктів в експлуатацію. Такий підхід дозволяв ефективно реалізовувати державні будівельні програми, забезпечуючи централізоване управління та контроль за виконанням поставлених завдань. Основною метою цієї системи було досягнення запланованих показників розвитку народного господарства, що визначалися центральними органами влади без урахування регіональних особливостей та місцевих потреб. Маємо, що орієнтовно до квітня кожного календарного року будівельний альянс зазвичай мав детальну інформацію про свій стабільний річний плановий обсяг робіт, який передбачав реалізацію певної кількості будівельних об'єктів. Це вимагало константного розподілу

ресурсів після завершення етапу планування, що є характерним для статичної системи регулювання ресурсів. У такій системі ресурси розподіляються рівномірно та без змін протягом планового періоду, що спрощує контроль та управління виробничими процесами. Основним плановим документом на внутрішньофірмовому рівні, тобто на рівні будівельної організації, виступав виробничо-економічний план, відомий також як будівельний фінансовий план. До його складу входив детальний план будівельного виробництва, який визначав обсяги робіт, необхідні ресурси, терміни виконання та фінансові показники. Цей документ слугував основою для організації та контролю всіх виробничих процесів на підприємстві. Річний або дворічний виробничо-економічний план в контексті періоду до незалежної України будівельного комплексу виникло в 1930-х роках як частина підготовки до впровадження перших п'ятирічних планів. Ці п'ятирічки були стратегічними документами, спрямованими на забезпечення ефективного та динамічного розвитку економіки країни. Вони передбачали централізоване планування та управління економічними процесами з метою досягнення визначених соціально-економічних показників [54, 65].

У рамках такої планової економіки з жорстко фіксованими показниками виконання програм виникла необхідність у розробці системи річного або поточного планування діяльності будівельних підприємств. Це планування дозволяло підприємствам інтегрувати в свою управлінську практику найбільш оптимальні шляхи реалізації встановленого плану. Зокрема, воно передбачало розробку комплексних рішень щодо виконання будівельних об'єктів у визначені терміни з мінімальними витратами ресурсів, включаючи трудові, матеріальні та фінансові. Науково-дослідний інститут економіки будівництва відігравав ключову роль у методичному забезпеченні планування виробничих систем та програм будівельних підприємств. Ця організація розробляла науково обґрунтовані методики та рекомендації, спрямовані на підвищення ефективності планування та управління в будівельній галузі.

Фінансовий центр будівництва, за аналогією з державним промисловим фінансовим планом, став основою для побудови річних будівельно-виробничих програм різних організацій. Він включав розрахунки щодо обсягів виробництва, потреб у матеріальних та трудових ресурсах, фінансових витрат та доходів. Використання цих методичних рекомендацій забезпечувало уніфікацію процесу планування, сприяло підвищенню ефективності управління ресурсами та дозволяло підприємствам більш точно прогнозувати результати своєї діяльності. В умовах планової економіки річне планування здійснювалося більш систематично та методично, ніж у сучасному будівельному комплексі та ринковому середовищі загалом. Константні значення вихідних та вхідних даних у систему планування, а також чітко визначені показники, які повинні були бути відображені у плані, сприяли стабільності та передбачуваності виробничих процесів. Це дозволяло будівельним підприємствам ефективно розподіляти ресурси, забезпечувати своєчасне виконання робіт та досягати поставлених економічних цілей. Однак варто зазначити, що така жорстка система планування мала і свої недоліки. Вона обмежувала гнучкість підприємств у реагуванні на зміни ринкових умов, інновації та технологічний прогрес [73, 74].

Для розробки річного будівельного фінансового плану підприємств, об'єднань або альянсів використовується комплекс вхідних параметрів, які забезпечують всебічне охоплення виробничих та фінансових аспектів діяльності. Одним із ключових показників є терміни введення в експлуатацію нових виробничих потужностей та об'єктів, включаючи розширення потужностей через модернізацію та реконструкцію існуючих підприємств. Цей показник є критичним для стратегічного планування, оскільки впливає на можливості підприємства задовольнити попит ринку та підвищити свою конкурентоспроможність. Наступним важливим елементом є обсяг реалізованої товарної продукції, який відображає економічну ефективність діяльності організації та є основою для прогнозування доходів. Зростання продуктивності праці виступає критичним фактором підвищення

ефективності виробничих процесів, оскільки дозволяє збільшити обсяги виробництва без пропорційного збільшення витрат. Ліміт чисельності робітників та службовців визначає оптимальне використання людських ресурсів, забезпечуючи баланс між продуктивністю та витратами на персонал. Формування фонду оплати праці базується на встановлених нормах та обсягах виконуваних робіт, що сприяє справедливому та ефективному розподілу фінансових ресурсів серед працівників. Прибуток є одним із основних показників фінансової результативності підприємства. Він, разом із платежами до бюджету та асигнуваннями з бюджету, формує загальну фінансову стабільність та стійкість організації. Впровадження нової техніки та наукової організації праці є важливим завданням, яке сприяє інноваційному розвитку підприємства, підвищенню ефективності виробництва та якості продукції. Для забезпечення безперебійного функціонування підприємства критичним є обсяг поставок необхідних матеріалів, машин та іншого технічного забезпечення. Це дозволяє уникнути простоїв у виробництві та забезпечити своєчасне виконання виробничих планів. Крім вищезазначених параметрів, кожне підприємство може встановлювати додаткові показники, залежно від специфіки своєї діяльності, що дозволяє гнучко адаптувати планування до внутрішніх потреб та зовнішніх умов ринку [47, 58].

У контексті планової економіки розробка річного або дворічного будівельного фінансового плану підприємства, об'єднання чи альянсу базувалася на різних вхідних документах. Першочергове значення мала об'ємна відомість, яка деталізувала обсяги товарної будівельної продукції та обсяги підрядних робіт, що дозволяло оцінити загальний масштаб діяльності та планувати ресурси відповідно. Для точного розрахунку фізичних обсягів робіт використовувалися спеціалізовані відомості, які слугували основою для планування матеріальних, трудових та фінансових ресурсів. План технічного розвитку підприємства, орієнтований на підвищення економічної ефективності, визначав напрями модернізації обладнання та впровадження інноваційних технологій. Одним із ключових елементів був план з праці, що

регулював розподіл трудових ресурсів і стимулював підвищення продуктивності через системи мотивації та навчання персоналу. План матеріально-технічного постачання забезпечував своєчасне надходження необхідних матеріалів і техніки, що було критичним для виконання будівельних завдань у встановлені терміни. Для інвестицій у розвиток підприємства передбачався план власних капітальних вкладень, орієнтований на довгострокові проєкти та оновлення виробничих потужностей. Фінансова стабільність підприємства підтримувалася за рахунок плану прибутку та стратегії зниження собівартості будівельних робіт, що включало оптимізацію виробничих процесів та зниження витрат. Крім того, складався кошторис використання фондів економічного стимулювання, який сприяв підвищенню ефективності роботи через різні заохочувальні механізми, такі як премії, бонуси та інші види матеріального стимулювання. Усі ці складові узагальнювалися у фінансовому плані, який формував основу для реалізації будівельних проєктів і забезпечував ефективне управління ресурсами. На підставі наведених даних формувалися значення показників, що відображалися у будівельно-фінансовому плані, складаючи його кінцеву структуру з усіма внутрішніми взаємопов'язаними підрозділами системи річного планування [1, 5, 16].

Річний фінансовий план будівельного підприємства чи альянсу включав декілька основних розділів, кожен з яких був спрямований на забезпечення ефективного управління та досягнення високих виробничих показників. Першочергово формулювався план підвищення ефективності виробництва, що включав заходи з оптимізації технологічних процесів, впровадження нових методів управління та підвищення якості продукції. Далі розроблявся детальний план будівельного провадження на визначений період, у якому відображалися завдання для реалізації конкретних видів будівельних робіт з урахуванням термінів та ресурсів. Технічний розвиток підприємства передбачав модернізацію обладнання, впровадження передових технологій та автоматизацію процесів, що узгоджувалося з планом механізації. Розділ,

присвячений праці, фокусувався на залученні та ефективному використанні робочої сили, підвищенні кваліфікації працівників та покращенні умов праці. План підсобних виробництв охоплював організацію допоміжних процесів, таких як ремонтні служби, логістика та інші підрозділи, що сприяли безперебійному виконанню основних робіт. Матеріально-технічне забезпечення було ключовим для своєчасного постачання ресурсів, необхідних для будівництва, включаючи матеріали, обладнання та комплектуючі. План капітальних вкладень охоплював інвестиції у розвиток виробничих потужностей, будівництво нових об'єктів та модернізацію існуючих. Фінансова частина включала план отримання прибутку, стратегії зниження собівартості робіт та оптимізації витрат, що дозволяло підвищити рентабельність підприємства та забезпечити його фінансову стійкість. Також передбачався кошторис використання фондів економічного стимулювання, який сприяв підвищенню продуктивності через мотиваційні програми, такі як система преміювання, соціальні пільги та інші заохочення. Фінансовий план, що включав баланс доходів та витрат, був основою для оцінки загальної фінансової стабільності організації та планування майбутніх інвестицій. Додатково, план розвитку та використання виробничих потужностей був спрямований на оптимізацію роботи підприємства, підвищення ефективності використання обладнання та ресурсів. План соціального розвитку враховував поліпшення умов праці, забезпечення соціальних гарантій та підвищення добробуту працівників, що позитивно впливало на мотивацію та продуктивність персоналу. Завершальним етапом було розроблення заходів щодо охорони навколишнього середовища та раціонального використання природних ресурсів, що дозволяло зменшити негативний вплив на довкілля та сприяти сталому розвитку підприємства. У підсумку складався зведений план, який охоплював всі підприємства, підпорядковані об'єднанню чи альянсу, забезпечуючи узгоджене виконання стратегічних завдань та координацію діяльності на всіх рівнях управління [34, 61].

Зміни в економічному середовищі часто впливають на здатність

будівельної галузі виконувати заплановані завдання, особливо в умовах системних криз та структурних трансформацій. Напередодні періоду перебудови, коли в економічній системі почалися значні трансформації, затверджені плани щодо введення в експлуатацію нових виробничих та житлових об'єктів нерідко не вдавалося реалізувати через вплив різноманітних дестабілізуючих факторів. Це могли бути внутрішні проблеми, пов'язані з дефіцитом ресурсів, порушенням постачань, застарілим обладнанням та низькою ефективністю управління, а також зовнішні виклики, зокрема економічні та соціальні кризи, які поступово охоплювали всю країну [59, 63]. Ці фактори призводили до зривів графіків будівництва та затримок у реалізації масштабних інфраструктурних проєктів, що мало серйозні наслідки для економіки та добробуту населення. Невиконання планових показників негативно впливало на будівельну галузь, спричиняючи дисбаланс у забезпеченні житлових і соціальних об'єктів. Раніше налагоджений темп випуску готової будівельної продукції різко порушувався, що призводило до дефіциту житла, затримок у будівництві шкіл, лікарень та інших соціально важливих об'єктів. У відповідь на ці виклики влада була змушена оперативно реагувати, ухвалюючи позапланові рішення щодо збільшення обсягів виробництва будівельних матеріалів та об'єктів, направляючи відповідні директиви до національного агентства планування. Це вимагало мобілізації додаткових ресурсів, перегляду пріоритетів та впровадження нових методів управління. Система розподілу ресурсів, що раніше мала виключно статичний характер, почала еволюціонувати в бік більшої гнучкості та адаптивності. В умовах змінного середовища альянси та інші будівельні організації були змушені адаптуватися, набуваючи ознак динамічної системи управління. Це означало перегляд традиційних підходів до планування та впровадження більш адаптивних методів регулювання, що дозволяло оперативно реагувати на дефіцити, перенаправляти ресурси, коригувати строки будівництва та змінювати пріоритети. Крім того, виникла необхідність у впровадженні інноваційних технологій та сучасних методів управління проєктами, які б

дозволили підвищити ефективність будівельних процесів та зменшити вплив негативних факторів. З'явилися передумови для переходу до ринкових механізмів управління, що пізніше стало основою для реформування економічної системи країни. Таким чином, період перед перебудовою став критичним етапом, який продемонстрував недоліки планової економіки та необхідність глибинних змін у підходах до планування та управління будівельною галуззю. Це підкреслило важливість адаптивності, гнучкості та інноваційності в умовах швидкозмінного економічного середовища, що є актуальним і в сучасних умовах розвитку економіки та будівельної індустрії [50, 51].

З переходом України до ринкової економіки будівельна галузь зазнала суттєвих змін, які торкнулися як організаційних підходів, так і принципів планування. Відмова від централізованого державного замовлення й скасування жорстких планових показників призвели до того, що підприємства більше не могли орієнтуватися на стабільні обсяги будівельних робіт у межах фіксованих звітних періодів. У нових умовах кожна організація була змушена самостійно шукати джерела фінансування, адаптуватися до коливань попиту та оперативно реагувати на зміни ринкової кон'юнктури. Це, своєю чергою, висунуло на перший план питання ефективного управління ресурсами та оптимізації виробничих процесів. Будівельні компанії зосередилися на впровадженні сучасних методів інтегрованого організаційно-технологічного моделювання (ІОТМ), що дозволяють гнучко перерозподіляти ресурси між проєктами та забезпечувати конкурентоспроможність у динамічному ринковому середовищі. Система централізованого розподілу ресурсів, притаманна плановій економіці, передбачала строгий поділ функцій між будівельними альянсами та організаціями, орієнтуючись на їхню галузеву й технологічну спеціалізацію. Це дозволяло формувати виробничі плани та програми на основі заздалегідь визначених параметрів, таких як нормативи матеріально-технічного забезпечення, трудових ресурсів та фінансування. Застосування константного ресурсного споживання відповідно до

затверджених планів забезпечувало стабільність виробничих процесів, а відхилення від затверджених планових показників траплялися вкрай рідко. Однак така система мала низку недоліків, зокрема відсутність матеріального стимулювання працівників та низький рівень механізації будівництва, що обмежувало гнучкість використання ресурсів та стримувало впровадження інновацій. Централізоване планування та відсутність ефективних стимулів ускладнювали створення професійних команд, що призводило до поступового зниження кваліфікації працівників. На противагу цьому, гнучка система розподілу ресурсів у сучасній ринковій економіці характеризується більшою адаптивністю до мінливих ринкових умов. Сучасні будівельні підприємства мають здатність оперативно реагувати на ринкові замовлення та змінювати виробничі програми відповідно до попиту. Це сприяє інтуїтивному динамічному розподілу ресурсів без суворо затверджених алгоритмів, що дозволяє ефективніше використовувати наявні ресурси та підвищувати конкурентоспроможність. Проте така гнучкість супроводжується певними викликами. Зокрема, виникає потреба в екстреному залученні додаткових ресурсів та кадрів при зміні виробничої програми, що може призводити до нерівномірного завантаження виробничих потужностей та порушення логістичних ланцюжків. Крім того, значна частка іноземних кадрів залучається через неконкурентоспроможність внутрішнього ринку праці, що ускладнює забезпечення стабільного кадрового резерву та може впливати на якість виконуваних робіт.

Сучасний будівельний сектор повністю відмовився від традиційного фінансового планування, характерного для централізованої економіки, оскільки воно втратило ефективність в умовах динамічного ринку з високим рівнем невизначеності та численними коливаннями. Швидкі зміни кон'юнктури, конкуренція та вплив зовнішніх факторів ускладнюють формування довгострокових планів, змушуючи компанії шукати більш гнучкі підходи до управління проєктами. Водночас сучасні моделі управління будівельними підприємствами все ж інтегрують окремі елементи класичного

фінансового плану. Зокрема, виробнича програма залишається ключовим інструментом для визначення обсягів робіт, потреби в ресурсах, термінів виконання та фінансових показників. Однак сьогодні вона формується з урахуванням ринкових умов, комерційних контрактів та потенційних ризиків, що дозволяє підприємствам швидше адаптуватися до змін і зберігати конкурентоспроможність. До здобуття незалежності Україна керувалася плановою економікою, де процес управління будівництвом базувався на чітко встановлених багаторівневих планах. На державному рівні основним інструментом регулювання був п'ятирічний план, що охоплював ключові економічні показники та визначав пріоритети розвитку у сфері будівництва. Доповненням до нього слугували річні плани капітального будівництва та детально розроблені будівельно-фінансові плани, які визначали конкретні об'єкти для реалізації та розподіляли ресурси між ними. Такі плани затверджувалися у суворій формі, з обмеженою можливістю відхилення, що забезпечувало контроль за виконанням державних завдань. У сучасній Україні, яка перейшла до ринкової моделі економіки, підхід до планування кардинально змінився. Нині акцент робиться на розробці стратегій розвитку, таких як державні програми підвищення конкурентоспроможності економічних секторів, а також на визначенні пріоритетних напрямів розвитку науки, технологій та інновацій. Важливим елементом сучасного управління є стратегія розвитку будівельної галузі, яка дозволяє швидше реагувати на зміну ринкових умов та інтегрувати новітні технології у виробничі процеси. На внутрішньофірмовому рівні, за часів планової економіки, використовувалися річні або дворічні виробничі програми з чітко затвердженими планами робіт, які були обов'язковими для виконання. Нині ж підприємства мають більшу гнучкість і можуть формувати виробничі програми у вільній формі, що дозволяє адаптуватися до ринкових змін, оперативно реагувати на попит та коригувати плани відповідно до актуальних потреб. Сучасні виробничі програми, на відміну від традиційних, засновані головним чином на умовах та обмеженнях будівельних підрядних договорів, які укладаються нерегулярно і

залежать від кон'юнктури ринку. Часто об'єкти, що входять до таких програм, не мають затвердженої проектно-кошторисної документації, а також недостатньо забезпечені ресурсами та обладнанням, що значно ускладнює процес планування та вимагає додаткових управлінських зусиль для координації. Аналіз діяльності низки комерційних будівельних компаній та результати наукометричних досліджень свідчать про те, що хоча сучасні підходи до планування зберігають окремі елементи старої планової системи, їхня стабільність у ринкових умовах залишається під питанням. Невизначеність економічного середовища та відсутність чітко структурованих механізмів планування часто призводять до несистемного формування виробничих графіків та хаотичного розподілу ресурсів, що, в свою чергу, знижує загальну ефективність будівельних процесів. За результатами економічно-статистичних досліджень, лише близько 27% будівельно-будівельних компаній в Україні впроваджують довгострокове планування, і переважно це великі інвестиційні холдинги та державні корпорації, які мають фінансові можливості для розвитку внутрішніх планових систем та впровадження сучасних ІТ-рішень. Менші компанії часто зіштовхуються з бар'єрами у вигляді обмежених ресурсів, нестачі кваліфікованого персоналу та низького рівня автоматизації, що ускладнює інтеграцію ефективних інструментів планування в їхню діяльність [67, 69, 76].

Система планування в Україні зазнала кардинальних змін після здобуття незалежності. Якщо раніше всі процеси були зосереджені в руках державних органів, які централізовано визначали напрями розвитку та обсяги робіт, то сьогодні ключова роль у плануванні належить окремим підприємствам. Децентралізація дозволила компаніям самостійно формувати стратегії, визначати пріоритети й адаптувати виробничі програми до умов ринку, що сприяло підвищенню гнучкості та конкурентоспроможності галузі. Безперервність процесу планування, яка раніше була нормою, тепер здійснюється нерегулярно та залежить від ринкових умов. Концентрація ресурсів на стратегічно важливих об'єктах і збалансованість плану відповідно

до фактичних потужностей підприємств також стали менш регулярними, що може призводити до неефективного використання ресурсів та зриву термінів виконання робіт. Постійне завантаження виробничих потужностей на рівні 85% від їхньої максимальної продуктивності, що було характерним для планової економіки, тепер спостерігається епізодично. Стабільний темп введення в експлуатацію нових комплексів та фондів, який був нормою до незалежності, наразі не завжди досягається через нестабільність інвестицій та відсутність довгострокового планування. Раніше значну увагу приділяли підвищенню продуктивності праці шляхом усунення втрат робочого часу та дисциплінарних порушень, проте тепер ці питання вирішуються лише частково. Водночас сучасні підходи включають автоматизацію процесів планування завдяки використанню математичних методів, інформаційних технологій та впровадженню сучасного програмного забезпечення, що залишається актуальним і сьогодні. Активно впроваджуються системи управління проєктами, ERP-системи, а також технології BIM, які дозволяють інтегрувати різні аспекти проєктування, будівництва та експлуатації об'єктів у єдине інформаційне середовище [11-15].

Очевидно, що в сучасних ринкових умовах значною мірою втрачаються фундаментальні засади планування, які були притаманні будівельному сектору в період планової економіки. Кількість суб'єктів, які діють на комерційних засадах, зростає, а розподіл робіт між приватними будівельними компаніями відбувається часто хаотично, безсистемно, через пряму договірну практику та інші фактори, властиві сучасному ринку. Це ускладнює координацію та управління ресурсами на галузевому рівні. У той же час, значну увагу приділяють вдосконаленню засобів автоматизації системи планування завдяки нормативним імпульсам на державному рівні. У період до здобуття Україною незалежності, автоматизація планувальних процесів була обмежена створенням прототипів загальнонаціональних автоматизованих систем обліку та обробки інформації, які охоплювали різні сектори економіки, але не були повністю реалізовані. Нині, у зв'язку з активним впровадженням

цифрових технологій та принципів інформаційного організаційно-технологічного моделювання (IOTM) в будівництві, виникла нагальна потреба у вдосконаленні внутрішньоорганізаційних процесів та автоматизації діяльності. Системи, що базуються на моделі BIM (Building Information Modeling), спрямовані на відтворення у багатовимірному середовищі всіх етапів життєвого циклу об'єкта — від передпроектних розробок до контролю якості виконання будівельних робіт та подальшої експлуатації [45, 46].

Попри це, ринок рішень для автоматизації інформаційного організаційно-технологічного моделювання (IOTM) поки не охоплює весь спектр необхідних завдань. Наукові дослідження свідчать, що повноцінна інтеграція у BIM-системи інструментів для контролю термінів виконання проєктів, розподілу робіт між підрядниками та управління ресурсами наразі відсутня або перебуває на ранніх стадіях розвитку. Це особливо важливо для дотримання плану робіт на об'єкті та забезпечення ефективної комунікації між усіма учасниками проєкту [26, 30]. Сьогодні нагальною є розробка програмного забезпечення для вирішення проєктних та будівельних завдань, з можливістю подальшої інтеграції в інформаційні моделі об'єктів. Хоча певні комплексні рішення вже існують, вони не завжди здатні повністю оптимізувати плани робіт та розподіл ресурсів, особливо в умовах нестабільного ринку та швидких змін технологій. Досягти рівня точності планів, що використовувалися в українському будівельному секторі до незалежності, лише завдяки впровадженню сучасних засобів автоматизації, малоймовірно без комплексного підходу та реформування управлінських процесів. Ринкові взаємини та швидкі зміни ресурсної бази ускладнюють формування та оптимізацію виробничих програм діяльності будівельної організації, навіть за умов використання новітніх цифрових технологій. Термінологічна невизначеність щодо включення об'єктів до плану робіт, відсутність єдиних стандартів та методів планування залишається значним викликом для галузі та потребує вирішення на державному рівні [19-24].

Підсумовуючи, можна зазначити, що до здобуття Україною

незалежності система планування була жорстко централізованою і функціонувала в рамках планової економіки. Розподіл ресурсів здійснювався статично, а структура планування включала генеральні, стратегічні, поточні та оперативні плани, які були жорстко регламентованими та обов'язковими для виконання. Основним об'єктом поточного планування виступав фіксований план, який формувався централізовано та включав виробничу програму і графік робіт. Будівельні організації працювали на основі альянсів, виконуючи державні плани з досягнення затверджених цільових показників. Операторами планування виступали планово-виробничі відділи, які користувалися такими інструментами, циклограми та мережеві моделі для оптимізації програм. Ці методи дозволяли забезпечити контроль за термінами виконання робіт та ефективне використання ресурсів. Після здобуття незалежності, в умовах переходу до ринкової економіки, система поточного планування почала змінюватися, ставши більш динамічною та гнучкою. Система розподілу ресурсів почала орієнтуватися на ринкові умови, попит та пропозицію, при цьому загальна характеристика системи планування залишалася нечітко визначеною, окрім державних організацій та корпорацій. Основний об'єкт поточного планування змінився на аналіз ризиків та доходів у будівельному портфелі, де плани формуються на основі наявних контрактів та ринкових можливостей. Форма будівельної організації стала більш різноманітною, включаючи як державні, так і приватні комерційні структури, що діють у конкурентному середовищі. На цьому етапі кваліфікаційні вимоги до операторів планування знизилися, централізовані професійні стандарти практично були відсутні, що призвело до різного рівня компетентності у сфері планування та управління проєктами. Інструменти моделювання обмежувалися лінійними графіками та простими програмами, а рівень автоматизації залишався низьким. Це обмежувало можливості ефективного планування та контролю за виконанням робіт, особливо в умовах складних та багатофакторних проєктів [77, 78].

Розвиваючись в роки незалежності з початком впровадження технологій

інформаційного моделювання (BIM), система планування в Україні зазнала суттєвих змін. Відбувся перехід до використання комплексних інформаційних моделей для проєктування і управління будівельними об'єктами, що дозволило інтегрувати різні аспекти проєкту в єдине цифрове середовище. Система планування стала ще більш гнучкою, з акцентом на стохастичні портфелі проєктів та використання сучасних методів управління проєктами. Роль оператора планування була розширена до управління проєктами за допомогою сучасних програмних комплексів, таких як системи управління життєвим циклом проєктів, ERP-системи та спеціалізовані BIM-платформи [17, 18]. Рівень автоматизації значно зріс, забезпечуючи ефективне використання мережових моделей, інструментів на основі теорії графів та штучного інтелекту для оптимізації виробничих програм. Це дозволяє підвищувати ефективність управління проєктами, скорочувати терміни будівництва та знижувати витрати. Таким чином, еволюція системи планування в Україні від жорсткого централізованого підходу до гнучкого та автоматизованого процесу відображає загальні зміни економічної системи країни та вплив сучасних технологій на управління проєктами у будівництві. Перехід до ринкової економіки, розвиток інформаційних технологій та глобалізація створюють нові можливості та виклики для будівельної галузі, вимагаючи адаптації та впровадження інноваційних підходів до планування та управління.

1.3. Модернізація системи планування трудових ресурсів у будівельній галузі. Наукова гіпотеза дослідження

Модернізація системи планування трудових ресурсів у будівельній галузі є необхідною умовою підвищення ефективності виробничих процесів та адаптації будівельних організацій до сучасних економічних викликів. Традиційні методи планування, що базуються на нормативних показниках чисельності та продуктивності праці, потребують удосконалення шляхом інтеграції інноваційних підходів до управління персоналом, використання

цифрових технологій та застосування оптимізаційних моделей розподілу трудових ресурсів. В основі наукової гіпотези дослідження лежить припущення, що розробка та впровадження інтегрованої моделі управління трудовими ресурсами, яка поєднує аналітичні методи прогнозування, адаптивні алгоритми розподілу працівників та гнучкі організаційно-технологічні схеми залучення персоналу, сприятиме підвищенню продуктивності праці, скороченню витрат і покращенню збалансованості між попитом та пропозицією на ринку будівельної праці. Така модель повинна враховувати динаміку будівельного ринку, сезонність робіт, рівень кваліфікації персоналу та інноваційні підходи до формування трудових колективів, включаючи аутсорсинг, цифрові платформи для залучення кадрів та механізми безперервного навчання та підвищення кваліфікації працівників. Крім того, модернізація системи планування має ґрунтуватися на принципах інтеграції з організаційно-технологічним моделюванням (IOTM), що дозволить створити єдину інформаційну базу для аналізу кадрового потенціалу, оптимізації графіків роботи та забезпечення гнучкості в управлінні трудовими ресурсами. Запропонована гіпотеза передбачає, що впровадження таких підходів дозволить підвищити ефективність використання трудового потенціалу, знизити вплив дефіциту кваліфікованих кадрів та забезпечити стійке зростання продуктивності праці у будівельній галузі [32, 38].

Модернізація системи планування трудових ресурсів у будівельній галузі є ключовим чинником підвищення ефективності виробничих процесів та забезпечення стабільного розвитку сектору. Сучасні виклики, зокрема динамічні ринкові умови, нестабільність постачання матеріалів та кадровий дефіцит, вимагають впровадження гнучких і технологічно просунутих підходів до управління персоналом. Використання цифрових платформ, систем автоматизованого планування та аналітики дозволяє точно прогнозувати потребу в робочій силі, оптимізувати розподіл ресурсів і зменшити ризики зривів термінів виконання проєктів. Перспективним

напрямом є інтеграція методів організаційно-технологічного моделювання та елементів штучного інтелекту для побудови адаптивних моделей планування, здатних враховувати дестабілізуючі фактори. Також важливо оновити чинні нормативи, впроваджуючи гнучкіші критерії оцінки ефективності праці, що дозволить будівельним компаніям краще адаптуватися до змін ринкових умов. Такий підхід не лише сприятиме підвищенню продуктивності, але й створить умови для зниження витрат та забезпечення своєчасного введення об'єктів в експлуатацію. У сучасних умовах функціонування будівельної галузі спостерігається також децентралізація функцій, що призводить до формування численних комерційних будівельних організацій без чіткої організаційної структури. Ця ситуація характеризується недостатньою взаємодією між відділами та обмеженою матеріально-технічною базою, що ускладнює підтримання високої виробничої потужності та залучення кваліфікованих спеціалістів [2, 3]. Наслідком цих проблем є зниження ефективності процесів управління та планування. Важливою проблемою є стихійне включення нових об'єктів до виробничих програм діяльності будівельних організацій, що ускладнює оптимізацію та своєчасне коригування планів робіт. Це часто супроводжується несистемним підходом до укладання будівельних контрактів, що додатково підвищує ризики затримки завершення проєктів. Відсутність комплексного інструментарію для автоматизації процесів планування та аналізу даних призводить до необхідності частого ручного коригування планів, збільшуючи ймовірність помилок. Ситуацію ускладнює відставання галузі від світових тенденцій цифровізації та автоматизації виробничих процесів. Незважаючи на значний потенціал впровадження технологій інформаційного моделювання, наявні рішення часто не забезпечують необхідної гнучкості для інтеграції в існуючі системи управління. Для вирішення цих проблем необхідно розробити комплексний підхід оптимізації процесів планування в будівельних організаціях. Такий підхід повинен включати сучасні технологічні рішення для автоматизації планування, що дозволить ефективніше керувати ресурсами, підвищити

точність прогнозування та скоротити терміни введення об'єктів в експлуатацію, мінімізуючи виробничі та адміністративні бар'єри [71, 75].

Сучасна будівельна галузь функціонує в умовах постійних викликів, особливо в аспектах планування та управління виробничими програмами будівельної організації. Однією з ключових проблем залишається залежність від ручного формування планів робіт, що знижує гнучкість у прийнятті рішень і ускладнює ефективну реалізацію проєктів. Відсутність достовірних статистичних даних про вплив дестабілізуючих факторів, а також нестача внутрішньої аналітики щодо виробничих показників створюють бар'єри для стратегічного управління. Це змушує компанії часто переглядати виробничі графіки й оперативно коригувати кадрові ресурси, що підвищує ризики порушення строків виконання робіт. Окремою проблемою є дефіцит досвідчених фахівців з планування, що негативно впливає на оптимізацію використання ресурсів. Крім того, нерегулярний підхід до укладання угод із субпідрядниками створює додаткові складнощі в координації процесів і своєчасному завершенні будівництва. Виробничі програми діяльності будівельної організації (ПДБО) часто формуються ситуативно, без врахування стратегічних цілей, що посилює ризики затримок. Ситуацію ускладнює і повільний прогрес у впровадженні цифрових технологій: обмежене використання автоматизованих систем та інформаційного моделювання гальмує інтеграцію сучасних управлінських інструментів. Існуючі платформи часто не відповідають вимогам адаптивності, що стримує ефективний розвиток галузі в умовах цифрової трансформації. Отже, для вирішення цих проблем необхідно розробити комплексний підхід, яка включатиме сучасні підходи до планування та управління виробничими процесами. Вона повинна передбачати впровадження цифрових інструментів для автоматизації планування, що дозволить підвищити ефективність виконання проєктів, знизити адміністративні бар'єри та мінімізувати ризики затримок введення об'єктів в експлуатацію [6-9].

Аналіз існуючої системи поточного планування виявив комплекс проблем, які значно ускладнюють ефективне управління будівельними процесами. Переважна орієнтація на ручне коригування та оптимізацію програм, планів і ресурсних графіків, що базується на суб'єктивному досвіді фахівців в умовах відсутності регламентованих стандартів, призводить до неефективного реагування на дестабілізуючі фактори. Крім того, спостерігається суттєвий дефіцит статистичних даних для оцінки впливу зовнішніх і внутрішніх факторів на виробничі процеси, що ускладнює аналіз та прогнозування. Це особливо актуально для нових будівельних організацій, які через відсутність накопичених внутрішніх даних не можуть належним чином здійснювати поточне планування та формування програм. Це ускладнює точне прогнозування навантаження на існуючі виробничі підрозділи через нерегулярний та непередбачуваний приплив будівельних робіт, що вимагає постійного коригування планів. Важливою проблемою є нестача кваліфікованих фахівців у сфері календарного та ресурсного планування, а також організаційно-технологічного моделювання, що обмежує можливості ефективного управління проектами. Ситуацію погіршує відсутність сучасного методологічного забезпечення внутрішньо організаційного планування, включаючи інструменти та техніки, які дозволяють застосовувати елементи машинного навчання та штучного інтелекту для оптимізації цільових функцій за наявності численних обмежень. Складність інтеграції наявних рішень у комплексні інформаційні моделі об'єктів також є критичним бар'єром, що обмежує можливість подальшого розвитку автоматизованих систем управління будівництвом. У результаті планування не забезпечує належного рівня стабільності випуску будівельної продукції, дотримання строків введення об'єктів в експлуатацію та своєчасного оновлення матеріально-технічної бази організації, що негативно впливає на її стійкий розвиток та конкурентоспроможність у довгостроковій перспективі [93, 97].

З огляду на виявлені недоліки, структурні слабкі місця та специфічні особливості функціонування існуючої системи поточного планування в будівельній галузі, виникає необхідність у формуванні чітких наукових засад, що ляжуть в основу подальшого дослідження. Ці засади мають визначити ключові концептуальні напрями аналізу, модернізації та вдосконалення планувальних процесів, враховуючи сучасні виклики ринкової економіки, потреби оптимізації ресурсів, підвищення ефективності управління та впровадження інноваційних методів планування. Такий підхід дозволить не лише виявити потенційні точки росту галузі, а й розробити практичні рекомендації для підвищення гнучкості та стійкості системи планування в умовах нестабільного ринкового середовища. Це підводить до формування плану роботи дисертаційного дослідження, дивись *Рисунок 1-2*.

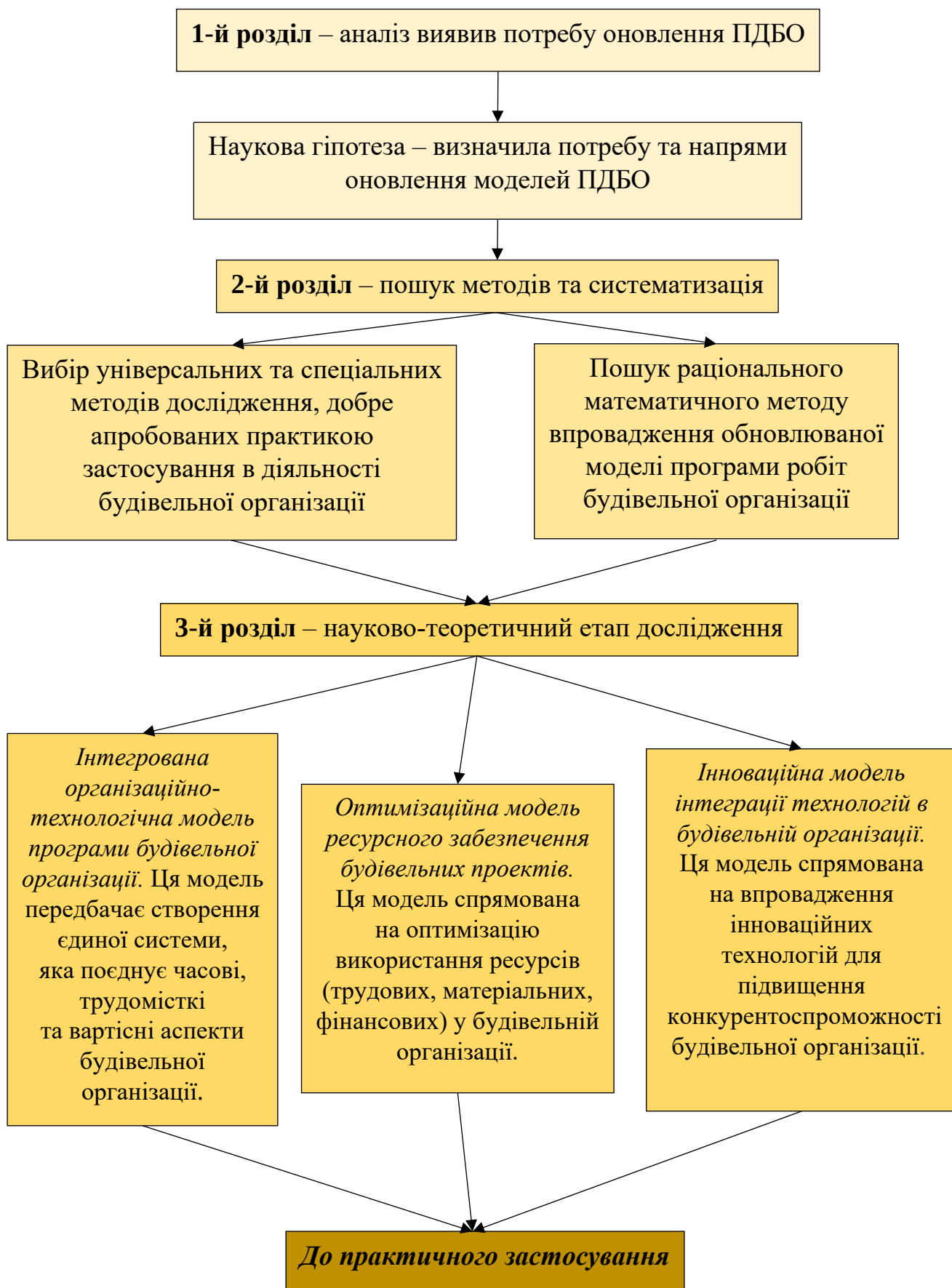


Рисунок 1-2 Схема роботи дисертаційного дослідження

Головні моделі що забезпечили достовірність результатів:

- Інтегрована організаційно-технологічна модель управління будівельними проектами. Ця модель передбачає створення єдиної системи управління, яка поєднує організаційні та технологічні аспекти будівельної діяльності. Вона включає:

- **Організаційний блок:** оптимізація структури управління проектами, розподіл обов'язків, впровадження ефективних механізмів комунікації між підрозділами.
- **Технологічний блок:** розробка технологічних карт, що враховують сучасні методи будівництва, використання інноваційних матеріалів та обладнання.
- **Ресурсний блок:** оптимізація використання трудових, матеріальних та фінансових ресурсів на основі інтегрованого організаційно-технологічного моделювання.
- **Інтеграційний блок:** створення єдиної платформи для управління проектами, яка автоматизує процеси планування, контролю та аналізу.

Результат моделі це підвищення ефективності управління проектами, зниження витрат та скорочення термінів виконання робіт.

- Оптимізаційна модель ресурсного забезпечення будівельних проектів. Мета моделі спрямована на оптимізацію використання ресурсів (трудових, матеріальних, фінансових) у будівельній організації. Вона включає:

- **Математичне моделювання:** розробка алгоритмів для оптимального розподілу ресурсів з урахуванням обмежень (терміни, бюджет, якість).
- **Аналіз ризиків:** визначення потенційних ризиків, пов'язаних із нестачею ресурсів або їх неефективним використанням.
- **Система моніторингу:** впровадження інструментів для оперативного контролю за використанням ресурсів у реальному часі.
- **Оптимізаційні рішення:** розробка рекомендацій щодо мінімізації витрат та підвищення продуктивності.

Мета моделі є зниження собівартості будівельних проектів, підвищення рентабельності та ефективності використання ресурсів.

- Інноваційна модель інтеграції технологій та управління в будівельній організації. Ця модель спрямована на впровадження інноваційних технологій та методів управління для підвищення конкурентоспроможності будівельної організації. Вона включає:

- **Технологічні інновації:** використання сучасних будівельних технологій, таких як BIM (інформаційне моделювання будівель), 3D-друк, роботизація.
- **Управлінські інновації:** впровадження ERP-підходів, бережливого виробництва та інших сучасних методів управління.
- **Інтеграція процесів:** створення єдиної системи, яка поєднує технологічні та управлінські інновації для забезпечення синергетичного ефекту.
- **Оцінка ефективності:** розробка показників для оцінки впливу інновацій на продуктивність та якість будівельних проектів.

Мета моделі це підвищення якості будівельних проектів, скорочення термінів їх реалізації та забезпечення конкурентоспроможності будівельної організації на ринку [80-83].

Завдання формування та оптимізації будівельного плану, як за часом, так і за залученими ресурсами і фінансами, є класичним та невід'ємним елементом комплексного підходу до організації будівництва. Це питання досліджувалося у наукових роботах, таких авторів як Тугай А. М., Поколенко В. О., Приходько Д. О., Доненко В. І., Арутюнян І.А., Осипов А. Ф., Бушуєв С. Д., Ярошенко Ф. А., Мудрий І. Б. та іноземних авторів Керлі Ванда, Гордон Роберт Л., Джослін Р., Мюллер Р., Лоуренс Дж. Р., Мантел С. Дж., Морріс П. В., Пінто Ж. С., Пеїріс Ф. К. П., Хуї С., Даффілд Дж., Ван М., Гарсія Г., Чен Ю., Нго Т., Суанда Б., Челік Й., Петрі І., Чен Й. Їхні роботи заклали основу для сучасних методів планування, метод критичного шляху, метод оцінки та огляду програм та інші

математичні підходи, спрямовані на оптимізацію використання ресурсів і скорочення тривалості проєктів. Однак більшість існуючих досліджень зосереджуються на аналізі та балансуванні планових та фактичних ресурсів у конкретний момент часу, реагуючи на вже наявні проблеми. Їхні підходи передбачають стихійне перерозподілення трудових ресурсів внаслідок дії непередбачуваних дестабілізуючих факторів, таких як зміни у постачанні матеріалів або непередбачені погодні умови. У цих дослідженнях зазвичай не враховуються можливості аналізу динаміки коливань виробничих параметрів у часі під впливом таких факторів. Крім того, існуючі підходи не передбачають проведення превентивного прогнозування та врахування можливих простоїв на етапі планування, що ускладнює забезпечення безперервності виробничих процесів. Відсутність розробок у цій сфері обмежує можливість створення комплексного оптимізаційного апарату, здатного адаптуватися до змінних умов проєкту. У сучасних умовах нестабільності та високої невизначеності ринку удосконалення підходів дозволить не лише реагувати на непередбачувані ситуації, але й проводити попередній аналіз для мінімізації ризиків простою, є надзвичайно актуальною [104, 110]. Такий підхід повинний забезпечувати гнучкість у плануванні через інтеграцію превентивних підходів до оптимізації ресурсних графіків та календарних планів, що дозволить організаціям ефективніше управляти проєктами в умовах постійних змін. Оптимізація таких процесів виробничих програм у будівництві потребує комплексного підходу, який поєднує різні моделі та методи. Основою для цього є удосконалення методу, що включає використання як символічних, так і графічних моделей для формування ефективних планів робіт. На початковому етапі створюється модель виробничої програми, яка враховує ключові залежності між елементами процесу. Ця модель візуалізується за допомогою графічних методів і формалізується у вигляді символічної моделі. Далі реалізується покроковий алгоритм, базований на встановлених принципах та залежностях, який передбачає деталізацію кожного етапу планування. Це забезпечує систематизацію процесу та підвищує точність

прогнозування. Алгоритмізація виконується з використанням програмного коду, що дозволяє автоматизувати процеси та спростити управління ресурсами. Комплексний оптимізаційний апарат, розроблений у межах цього підходу, дає змогу інтегрувати отримані моделі та алгоритми в загальну систему планування. Це дозволяє виявити недоліки в існуючій системі та усунути їх шляхом впровадження детального покрокового підходу до оптимізації. У результаті такий підхід сприяє підвищенню ефективності управління будівельними проєктами, забезпечуючи своєчасне виконання робіт та оптимальне використання ресурсів [91, 103].

Підсумки проаналізованих в першому розділі досліджень дають можливість сформулювати актуальність, мету, об'єкт та предмет дослідження (*Рисунок 1-3*).

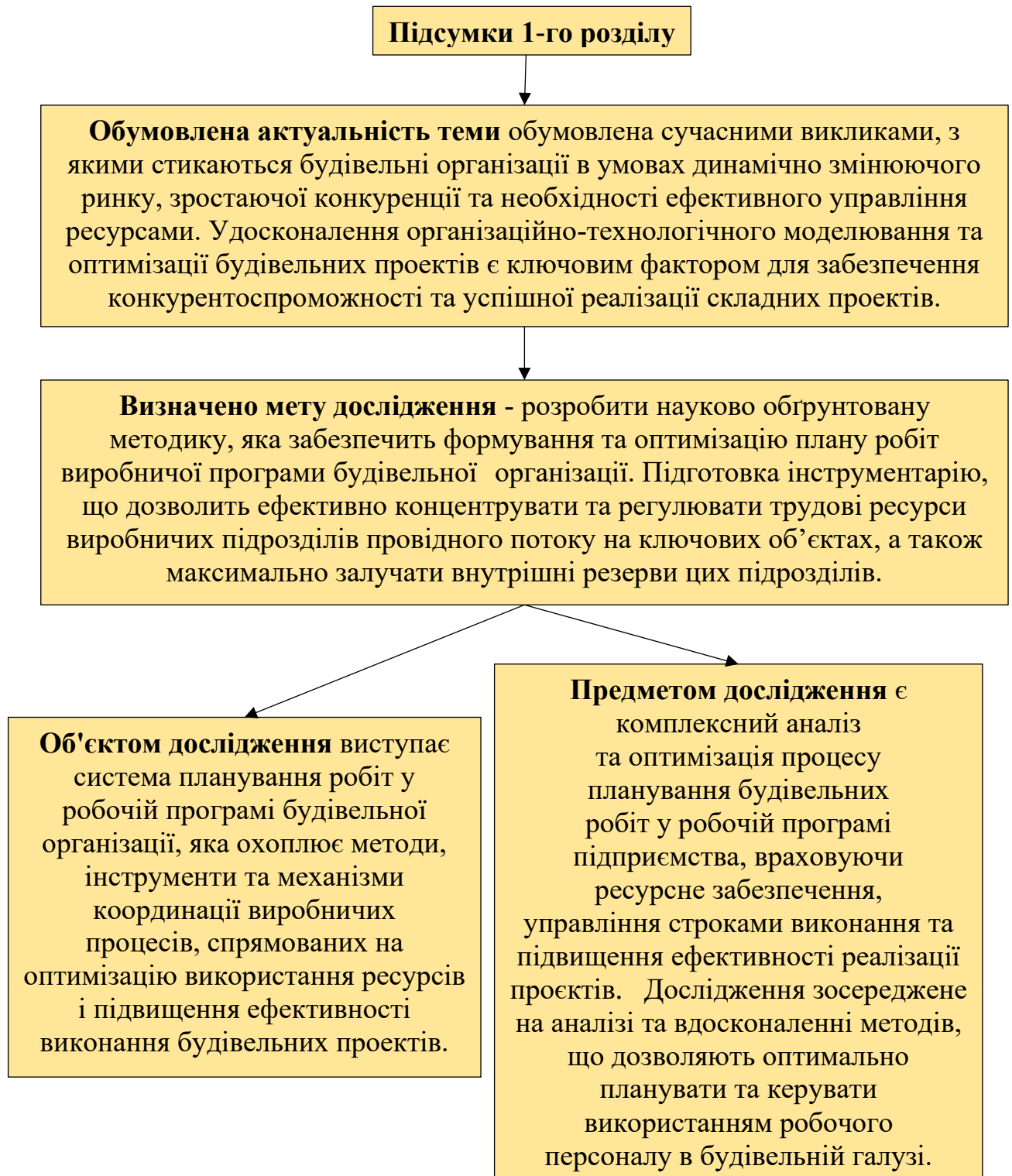


Рисунок 1-3 Мета, предмет та актуалізація дослідження

ВИСНОВКИ ДО ПЕРШОГО РОЗДІЛУ

1. У ході цього дослідження проведено глибоке вивчення існуючих підходів до планування та оптимізації виробничих програм діяльності будівельної організації, а також проаналізовано процедури формування детальних робочих планів. Це дало змогу обґрунтувати ключові висновки та визначити основні положення, що слугують теоретичною базою для подальшого удосконалення системи управління будівельними процесами.
2. Визначено та сформульовано ключові аспекти наукової роботи, зокрема актуальність, мету, об'єкт та предмет дослідження. На основі проведеного аналізу можна стверджувати, що актуальність дослідження обумовлена сучасними викликами, з якими стикаються будівельні організації в умовах динамічно змінюючого ринку, зростаючої конкуренції та необхідності ефективного управління ресурсами.
3. Головним елементом виступає оптимізація програми діяльності будівельної організації (ПДБО), яка встановлює конкретні обсяги та строки виконання робіт для кожного об'єкта. Вона виступає основним інструментом для контролю прогресу та коригування дій у разі відхилень.
4. Інтегроване організаційно-технологічне моделювання (ІОТМ) є основою для узгодження потреб у різних видах ресурсів для поточних та перспективних проєктів з реальними можливостями будівельних організацій. Це сприяє дотриманню встановлених термінів виконання робіт та оптимізації використання трудових і матеріально-технічних ресурсів. Поточне моделювання має критичне значення в системі управління для організацій, що одночасно здійснюють будівництво на декількох майданчиках.
5. Ключовим компонентом системи діяльності будівельної організації виступає функціональна підсистема збалансованого розподілу різних ресурсів між будівельними об'єктами та видами робіт. Ця підсистема

забезпечує ефективне управління як матеріальними, так і трудовими ресурсами, що веде до мінімізації витрат та оптимізації будівельних процесів.

6. Виконання будівельної програми діяльності будівельних організацій (ПДБО) залежить від забезпечення максимального та безперервного завантаження її виробничих підрозділів, що сприяє підвищенню трудової продуктивності та зменшенню простоїв. Досягти цього можна шляхом збалансованого розподілу робіт між різними будівельними об'єктами, що дозволяє ефективно використовувати кадрові ресурси та матеріально-технічну базу. Подальше вдосконалення цих процесів підсилює загальну ефективність виробництва та підвищує конкурентоспроможність підприємства на ринку.
7. Процес оптимізації планів будівельної діяльності є ключовим елементом діяльності будівельних організацій, оскільки він забезпечує стратегічну стабільність та здатність оперативно пристосовуватися до змін ринкового середовища. Ефективне планування дозволяє оптимізувати використання ресурсів, знижувати витрати та підвищувати продуктивність, водночас сприяючи зростанню конкурентоспроможності компанії завдяки можливості швидко реагувати на коливання попиту й пропозиції в галузі.

РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ПІДГРУНТЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОГРАМИ ДІЯЛЬНОСТІ БУДІВЕЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ

2.1. Пошук компонент загально-методичного базису дослідження.

Формування параметрів та чинників, формалізації організаційно-технологічного простору моделювання програми робіт будівельної організації

У процесі розробки ефективних підходів до інтегрованого організаційно-технологічного моделювання (ІОТМ) та оптимізації програми діяльності будівельної організації (ПДБО) ключову роль відіграє пошук компонент загально-методичного базису дослідження, що охоплює визначення основних параметрів і чинників, які впливають на формування організаційно-технологічного простору моделювання. Відправною точкою є систематизація наявних методів до управління будівельними процесами, що включають принципи системного аналізу, методи оптимізації виробничих програм, алгоритмічні підходи до розподілу ресурсів і моделювання сценаріїв виконання будівельних робіт. Формування параметрів цього простору базується на аналізі внутрішніх і зовнішніх факторів, таких як технологічні вимоги, доступність ресурсів, організаційні структури управління, нормативно-правові обмеження та економічні умови функціонування будівельної галузі. Важливим завданням є формалізація цих чинників, що передбачає їхню математичну і структурну інтерпретацію для подальшого використання в оптимізаційних моделях і алгоритмах управління. Особлива увага приділяється розробці концепції адаптивного організаційно-технологічного простору, який дозволяє враховувати варіативність виробничих програм та можливість їх оперативної корекції відповідно до змін середовища. Таким чином, системний підхід до пошуку методичного базису дослідження та формалізації параметрів моделювання забезпечує науково

обґрунтовану основу для побудови ефективних управлінських рішень у сфері будівельного виробництва та сприяє підвищенню рівня планування і реалізації програм діяльності будівельних організацій [56, 57, 95].

В умовах динамічних змін ринку, досягнення постійного і збалансованого завантаження виробничих підрозділів, яке базується на параметрах тривалості та трудомісткості будівельних робіт, стає вирішальним завданням. У процесі планування необхідно враховувати як обмеження ресурсів, так і специфіку конкретних проєктів. Водночас, критично важливим є розробка систематизованого підходу до коригування виробничих програм задля підвищення адаптивності до змінюваних умов, що стають все більш непередбачуваними. У випадках, коли строки виконання робіт встановлені контрактами, можливість оптимізації часу зазвичай обмежена. Зміни графіку робіт можуть бути виправдані лише у виняткових ситуаціях, коли це не порушує суміжні етапи та процеси. Будь-яке прискорення темпів виконання завдань потребує ретельного обґрунтування для конкретних об'єктів, оскільки це може вплинути на ефективність взаємодії між різними виробничими підрозділами. З іншого боку, трудомісткість виконання завдань залежить як від обсягів робіт, закладених у проєктно-кошторисній документації, так і від зовнішніх факторів, що постійно змінюються. Такі непередбачувані умови, як коливання цін на матеріали, нестача кваліфікованих кадрів чи зміни у законодавстві, можуть суттєво вплинути на початково заплановані показники трудомісткості. Це призводить до необхідності внесення коректив у плани виконання робіт, що потребує гнучкого та системного підходу [60, 62]. На жаль, у більшості випадків, відсутність систематизованого підходу до планування і коригування виробничих програм призводить до затримок у введенні об'єктів в експлуатацію. Як свідчать статистичні дані, понад половина будівельних проєктів в Україні не вкладаються у заплановані терміни, що спричиняє додаткові витрати та порушення строків завершення робіт. Це вказує на необхідність запровадження механізмів, які б дозволяли будівельним організаціям оперативно реагувати на зміни. Ефективне

управління програмами діяльності будівельної організації (ПДБО) вимагає не лише регулярного моніторингу фактичних умов на об'єкті, але й активного використання сучасних інформаційних технологій для планування та контролю [41, 102]. Аналіз зовнішніх та внутрішніх факторів, що впливають на процеси виконання будівельних робіт, здійснювався на основі відкритих статистичних даних та наукових джерел. У рамках цього дослідження також використовувався практичний досвід експертів будівельної галузі для виявлення ключових аспектів, які необхідно враховувати при формуванні програм діяльності будівельної організації (ПДБО). Використання аналітичних інструментів дозволяє будівельним організаціям не лише скоротити витрати, але й підвищити якість виконуваних робіт, що, в кінцевому підсумку, сприяє підвищенню їхньої конкурентоспроможності на ринку. Таке комплексне дослідження дозволяє глибше зрозуміти природу виникнення затримок у виконанні будівельних проектів і розробити рекомендації для їхнього усунення в майбутньому.

Для початку варто класифікувати будівельні організації на генеральних підрядників і субпідрядників. Генеральні підрядники зазвичай відповідають за повний спектр робіт на об'єкті та координують діяльність субпідрядників. Субпідрядники, своєю чергою, спеціалізуються на виконанні окремих видів робіт, таких як бетонні, електромонтажні чи оздоблювальні роботи. Розуміння цієї диференціації дозволяє глибше аналізувати взаємодію між різними учасниками будівельного процесу та їх вплив на ефективність реалізації програм діяльності будівельної організації. Щодо видів будівельних об'єктів, їх можна розподілити на житлові комплекси, комерційну нерухомість, промислові споруди та інфраструктурні проекти. Кожен із цих типів об'єктів має свої специфічні вимоги, нормативи та особливості будівництва, що впливають на планування та виконання робіт [49, 99]. Наприклад, будівництво промислових споруд часто вимагає більшої уваги до безпеки та використання спеціалізованого обладнання, тоді як житлове будівництво може бути більш орієнтоване на комфорт та естетику. Види будівельних робіт включають

широкий спектр діяльності: від земляних та фундаментних робіт до монтажу конструкцій, інженерних мереж та оздоблювальних процесів. Кожен вид робіт має свою трудомісткість, технологічні особливості та впливає на загальний графік будівництва. Врахування цих аспектів є критично важливим для ефективного планування та управління виробничою програмою. Такий детальний аналіз дозволяє більш точно ідентифікувати фактори, що впливають на ефективність будівельного процесу. Це, у свою чергу, сприяє розробці оптимальних стратегій планування, які враховують специфіку організацій, типів об'єктів та видів робіт. Результатом стане підвищення продуктивності, зниження ризиків та забезпечення своєчасного виконання будівельних проектів [127, 128].

У процесі аналізу було визначено основні параметри, що впливають на будівельну діяльність організацій, об'єктів та виконання будівельних робіт. Першочергово, ключовими параметрами для будівельних організацій є типи контрактів, які вони укладають. Це можуть бути договори на виконання будівельних робіт або генеральні підрядні договори, що охоплюють комплекс робіт на об'єкті. Ці угоди регулюють умови та обсяги робіт, що здійснюються організаціями. Потужність будівельних організацій варіюється в залежності від масштабів проектів та ресурсів, що використовуються. Забудова може включати як окремі будівлі, так і цілі комплекси, що сприяє оптимальному використанню простору та ресурсів у процесі міської забудови. Розглядаючи будівельні об'єкти, було встановлено, що основним типом діяльності є нове будівництво, яке проводиться відповідно до діючих будівельних норм України. Функціональне призначення об'єктів включає будівлі невиробничого призначення, такі як житлові та адміністративні споруди, а також багатофункціональні комплекси. Поверховість будівель починається від трьох поверхів, включаючи висотні будівлі та унікальні архітектурні проекти. З точки зору конструктивних матеріалів, пріоритет надається монолітному залізобетону, який є базовим матеріалом для зведення багатоповерхових конструкцій завдяки своїм високим технічним характеристикам [113, 117].

Запропонована схема планування, яка враховує рівномірний розподіл навантаження між виробничими підрозділами та постійний вплив низки факторів, може бути ефективно застосована як для будівельних компаній, що виконують функції генерального підрядника та здійснюють основні роботи власними силами, так і для субпідрядних підприємств, спеціалізованих на бетонних роботах. Організація ефективного будівельного контролю на нижчих рівнях управлінської ієрархії є ключовим чинником для забезпечення стабільного керування виробничими процесами, особливо за умов залучення субпідрядників. У подальшому аналізі акцент буде зроблено на вивченні підходів до управління й координації взаємодії між генеральним підрядником та субпідрядними структурами. Це включає дослідження методів налагодження комунікації, контролю якості робіт та забезпечення виконання графіків. Особливе значення надається створенню гнучких процедур, що дозволяють оперативно коригувати виробничі плани, підтримуючи ритмічність будівельного процесу й досягнення високих стандартів якості. Проведення факторного аналізу дозволить кількісно описати взаємодію між учасниками процесу через формування регресійної моделі [27, 28]. Це допоможе визначити ключові чинники, що впливають на продуктивність, якість та дотримання строків виконання робіт. Отримані дані стануть підґрунтям для формування рекомендацій щодо удосконалення процесів планування та управління в будівельних організаціях, що сприятиме зростанню ефективності галузі загалом.

У результаті формуються комплексні методи дослідження, спрямовані на забезпечення високої продуктивності та наукової обґрунтованості при розв'язанні теоретичних, методичних і практичних завдань, визначених у межах даної дисертаційної роботи. Ці методи ґрунтуються на інтеграції міждисциплінарних підходів, що охоплюють організаційно-технологічні, економічні, математичні та інформаційно-аналітичні аспекти моделювання й оптимізації діяльності будівельних організацій. Зокрема, застосування міждисциплінарних методів дослідження дозволяє забезпечити комплексний

аналіз факторів, що впливають на ефективність будівельних процесів, розробку оптимальних управлінських рішень, а також прогнозування можливих ризиків і способів їх мінімізації [121, 122]. Використання прикладних методів, таких як математичне моделювання, методи системного аналізу, імітаційне та оптимізаційне моделювання, забезпечує об'єктивність отриманих результатів і сприяє розробці ефективних алгоритмів прийняття рішень. Отже, поєднання міждисциплінарного підходу та застосування сучасних аналітичних інструментів утворює загально-концептуальну основу даного дослідження, що є не лише теоретичним підґрунтям, а й практичним інструментом для наукового аналізу, оцінки та оптимізації програм діяльності будівельних організацій. (Рисунок 2-1).



Рисунок 2-1 Методи дослідження

2.2. Оптимізація виробничих програм в умовах змінних ринкових факторів на основі комплексної класифікації детермінуючих чинників операційного процесу

Оптимізація виробничих програм в умовах змінних ринкових факторів є надзвичайно важливим завданням для забезпечення сталого розвитку будівельних організацій, адже ринкова кон'юнктура, коливання попиту на будівельні послуги, зміни в цінах на матеріали та трудові ресурси, а також зміни в законодавчому середовищі можуть значно впливати на ефективність виконання проектів. У цьому контексті важливим інструментом є комплексна класифікація детермінуючих чинників операційного процесу, яка дозволяє систематизувати фактори, що визначають ключові параметри виробничих програм, та оцінити їх вплив на виконання будівельних робіт. Така класифікація включає як внутрішні фактори, такі як організаційні структури, кваліфікація персоналу, технічне оснащення і методи управління проектами, так і зовнішні чинники, зокрема економічні умови, доступність матеріальних ресурсів, сезонні коливання попиту та зміни в нормативно-правовій сфері. Оптимізація виробничих програм, що базується на такій класифікації, передбачає використання аналітичних інструментів для моделювання операційних процесів, що дозволяє оперативно реагувати на зміни у зовнішньому середовищі та коригувати стратегії виконання проектів. Крім того, інтеграція цих чинників у загальну модель управління дозволяє не лише враховувати поточні умови, а й прогнозувати можливі зміни в майбутньому, забезпечуючи гнучкість і адаптивність виробничої програми. Таким чином, застосування комплексної класифікації детермінуючих чинників в процесі оптимізації виробничих програм забезпечує точнішу оцінку ризиків і можливостей, підвищує ефективність ресурсного забезпечення та дозволяє максимально ефективно використовувати потенціал будівельної організації в умовах змінного ринкового середовища [4, 68, 131].

Стрімкий розвиток сучасних методів управління в будівництві вимагає глибшого дослідження специфіки будівельних процесів, які визначають стабільність ключових нефінансових показників у плануванні для будівельних організацій за конкретними проєктами. Цей розвиток передбачає як впровадження нових технологій, так і логічну побудову ефективної системи поточного планування, зокрема на двох основних етапах: початкового формування програми діяльності будівельної організації (ПДБО) та її подальшої адаптації до змінюваних умов будівельного процесу. На сьогодні актуальність має не лише інтеграція інноваційних технологій, але й їх поєднання з існуючими методиками управління, що сприяє підвищенню гнучкості та адаптивності виробничих програм — факторів, критичних для досягнення запланованих показників у динамічному середовищі. Важливо зазначити, що не всі будівельні організації мають систематизований підхід до планування виробничих завдань. Водночас, навіть при розробці програми діяльності будівельної організації (ПДБО), яка зазвичай формується для сукупності об'єктів у звітний період, необхідне регулярне її оновлення та коригування з урахуванням специфіки сучасних економічних умов. Це зумовлено постійними змінами ринкових факторів та умов виконання будівельних робіт, що вимагає адаптації для забезпечення економічної ефективності [55, 123].

Таким чином, постає необхідність інтеграції гнучких моделей управління, що дозволяють оперативно коригувати програму діяльності будівельної організації (ПДБО) з урахуванням змін зовнішніх і внутрішніх умов. Загальні процеси можна структурувати у вигляді основних стадій. Перший етап охоплює інтегроване організаційно-технологічного моделювання (ІОТМ) програми будівельної організації, під час якого відбувається узгодження обсягів робіт та ресурсів. На другому етапі розробляється детальна документація, що регламентує виробничі процеси та оптимізує використання ресурсів. Третій етап передбачає впровадження оптимізованих планів з урахуванням поточних умов. Четвертий етап полягає

у коригуванні програми на основі зворотного зв'язку з місць реалізації проєктів, що дозволяє своєчасно реагувати на зміни та забезпечувати досягнення результатів. П'ятий етап це коригування та адаптація програми в реальних умовах виробництва. Шостий етап завершення процесу формування програми діяльності будівельної організації (Таблиця 2-1).

Таблиця 2-1 Стадії формування та оптимізації програми діяльності будівельної організації

Стадія	Опис	Цілі та завдання	Вихідні документи
1	Ініціація процесу розробки програми діяльності будівельної організації	Визначення вихідних даних та обмежень	Вихідні інструкції
2	Початкове моделювання програми діяльності будівельної організації та робочих планів	Формування попередніх моделей та варіантів реалізації	Попередні робочі плани
3	Розробка виробничої та технічної документації спеціалізованими виконавцями для кожного об'єкта	Забезпечення відповідності проєктної документації вимогам та стандартам	Технологічні карти, інструкції
4	Формування оптимізованої програм діяльності будівельної організації на основі ресурсного	Максимізація ефективності використання ресурсів	План-графік виконання робіт

	забезпечення та фактичних можливостей організації		
5	Коригування та адаптація програми в реальних умовах виробництва	Забезпечення гнучкості та адаптивності до змінних умов	Оперативні коригування, звіти про виконання
6	Завершення процесу формування програм діяльності будівельної організації	Підсумковий аналіз та звітування	Підсумковий звіт

На даному етапі дослідження особливу увагу слід приділити процесу формування програми діяльності будівельної організації (ПДБО), включаючи аналіз початкових вимог і можливостей будівельної організації та оцінку впливу зовнішніх факторів, таких як ринкові умови та зміни нормативно-правової бази. Важливим аспектом є регулярний моніторинг ключових показників, зокрема обсягів виконання робіт, фінансування, використання ресурсів і термінів виконання, що дає змогу вчасно коригувати програму. Використання сучасних інструментів планування, таких як програмне забезпечення для управління проектами, є критично важливим для підвищення ефективності та продуктивності будівельних підрозділів [44] (Таблиця 2-2 - Таблиця 2-4).

Таблиця 2-2 Показники оцінки виконання програми діяльності будівельної організації

Показник	Опис	Методи вимірювання	Одиниці вимірювання
Базовий індикатор	Вихідний рівень виконання робіт	Аналіз затверджених	Умовні одиниці

		проектів	
Тривалість робіт	Час, необхідний для реалізації завдань	Графікове планування	Дні/тижні
Об'єми фінансування	Загальні витрати на реалізацію програми	Кошторисна документація	Тис. грн
Об'єми виконаних робіт	Обсяг реалізованих завдань у рамках програми	Облік виконаних робіт	Кв. м / т
Складність завдань	Ступінь технічної та технологічної складності робіт	Експертна оцінка	Умовні одиниці
Робочий ресурс	Кількість залученого персоналу	Аналіз трудових ресурсів	Людино-години
Приріст до показників	Зміни показників через підвищення складності	Оперативний моніторинг	Відсотки

Для того щоб створити обґрунтований проєкт з організації робіт зі зведення будівель на заданому об'єкті, виконавцю необхідно спочатку детально оцінити обсяг конструкцій, що підлягають монтажу. Ця оцінка є критичною для подальшого точного розрахунку трудовитрат, які базуються на використанні однієї з прийнятих у галузі методик. Поглиблений аналіз обсягів монолітних робіт дозволяє забезпечити точність прогнозування ресурсів і мінімізувати ризики перевитрат. Крім того, на основі отриманих даних виконавець зможе обрати оптимальний метод будівництва, що найкраще підходить для конкретних умов об'єкта, включаючи тип ґрунту, кліматичні особливості та обмеження за доступністю ресурсів. Це дозволяє уникнути зайвих простоїв та оптимізувати виробничий процес. Подальший етап включає розробку детальних технологічних карт та календарних графіків виконання

робіт, що забезпечують чіткий розподіл завдань між підрядниками та оптимізацію використання робочої сили. Важливим є також урахування потенційних змін у проектах під час реалізації робіт, що може потребувати додаткових ресурсів або коригування графіків. Використання сучасних програмних рішень для інтегрованого організаційно-технологічного моделювання та аналізу виробничих процесів дозволяє оперативно адаптувати план робіт до змінних умов на будівельному майданчику [48, 72]. Таким чином, комплексний підхід до планування будівельних робіт, включаючи аналіз обсягів, вибір методик та використання сучасних технологій, дозволяє значно підвищити ефективність зведення монолітних конструкцій та забезпечити досягнення високих показників якості та своєчасності виконання проєктів. Регулярне оновлення планів та коригування трудових ресурсів у режимі реального часу сприяє досягненню стратегічних цілей будівельної організації, підвищуючи її конкурентоспроможність на ринку (Таблиця 2-3).

Таблиця 2-3 Документація та інструменти для управління програмою діяльності будівельної організації

Тип документу	Призначення	Методи контролю	Частота оновлення	Відповідальні особи
Проектна документація	Регламентування процесів будівництва	Експертний аналіз	Одноразово	Відділ технічного контролю
Робоча документація	Забезпечення виконання будівельних робіт	Контроль відповідності	Щоквартально	Головний інженер
Щотижневі графіки	Планування робочих процесів на короткий період	Оперативне планування	Щотижня	Керівник проєкту

Оперативні звіти	Відслідковування прогресу виконання робіт	Оперативний аналіз	Щодня	Керівники ділянок
Технологічні карти	Встановлення технологічних процесів	Інженерно-технічний нагляд	За потреби	Інженер-технолог
Фінансові звіти	Аналіз витрат та відхилень бюджету	Фінансовий аудит	Щомісяця	Фінансовий менеджер

Через вплив численних дестабілізуючих факторів, точний розрахунок трудових витрат і тривалості виконання робіт на об'єкті на етапах як стратегічного, так і тактичного планування є практично неможливим. Ці фактори істотно впливають на трудомісткість процесів, формуючи статистичну та складну для прогнозування систему змінних, що впливають на виробничий процес. Під час виконання будівельних робіт на об'єкті постійно надходять актуальні дані, що дають змогу оперативно коригувати планові трудові витрати та потребу в фахівцях різних спеціальностей для забезпечення виконання обсягів робіт у встановлені строки. Практичний досвід реалізації будівельних проєктів свідчить, що фактичні показники часто відрізняються від запланованих через дію непередбачуваних факторів [109, 120]. Точна оцінка цих факторів, зокрема змін у трудомісткості, матеріаломісткості та фінансових витратах, зазвичай можлива лише в межах оперативного планування на кілька днів або тижнів наперед. Іншими словами, кількісна оцінка впливу змінних на виробничі показники — такі як приріст обсягів робіт, ресурсів та часу — ускладнюється при довгостроковому річному чи дворічному плануванні. Це зумовлено відсутністю системного підходу до ідентифікації цих факторів та оцінки ступеня їхнього впливу (Таблиця 2-4). Складність полягає у необхідності багатокритеріального аналізу та адаптації розроблених моделей до специфічних умов різних будівельних майданчиків, що викликає сумніви

щодо точності розрахунків впливу окремих факторів. У зв'язку з цим у процесі планування витрат і складання кошторисів застосовується узагальнене поняття непередбачених робіт і витрат.

Таблиця 2-4 Сучасні методи визначення трудовитрат

№	Метод розрахунку трудовитрат	Відправна точка для обчислень	Умови застосування	Переваги	Недоліки	Приклади застосування
1	Прогнозування на основі машинного навчання	Аналіз історичних даних за допомогою алгоритмів ML	Застосовується для проєктів із великими обсягами даних та складною структурою	Може виявити приховані закономірності та тенденції	Високі вимоги до даних та компетенцій аналітиків	Оптимізація великих будівельних проєктів та зниження витрат
2	Використання норм витрат праці	Кошторисно-нормативна документація	Поширений метод для стандартних проєктів	Легкість використання та систематизованість	Не враховує специфічні умови конкретного об'єкта	Будівництво типових комерційних приміщень
3	Хронометраж технологічних операцій із наступним	Результати хронометражу	Застосовується для уточнення показників або при відсутності	Висока точність та адаптивність до конкретних умов	Трудомісткість проведення хронометражу та аналізу	Інноваційні або експериментальні проєкти

	технічним нормуванням		норм			
4	Моделювання за допомогою спеціалізованого ПЗ	Програмні засоби для розрахунку трудо витрат (BIM, MS Project)	Оптимально для проєктів з високим рівнем деталізації	Висока точність та швидкість розрахунків	Висока вартість впровадження та потреба у кваліфікованих спеціалістах	Великомасштабні інфраструктурні проєкти
5	Експертна оцінка	Консультації з фахівцями будівельної галузі	Доцільно при відсутності історичних даних або специфічних норм	Гнучкість у нестандартних ситуаціях	Суб'єктивність та залежність від компетентності експертів	Проєкти зі складними умовами виконання робіт
6	Аналіз об'єктів- аналогів	Організаційно- технологічна документація подібних проєктів	Ефективно при нестандартних умовах будівництва або специфічних об'єктах	Можливість адаптації під різні умови	Потребує часу на пошук та аналіз подібних проєктів	Реконструкція унікальних історичних будівель

7	Бенчмаркінг	Дані про найкращі практики у будівельній галузі	Доцільно при бажанні підвищити ефективність процесів	Можливість використання перевірених практик інших організацій	Потребує доступу до актуальних і релевантних даних	Застосовується для оптимізації бізнес-процесів
8	Аналіз витрат за допомогою методу критичного шляху	Технологія CPM (Critical Path Method)	Ефективно для проєктів з обмеженими термінами	Дозволяє оптимізувати графік робіт для мінімізації простоїв	Потребує детального планування та постійного моніторингу	Інфраструктурні проєкти та масштабне будівництво

На практиці непередбачувані витрати повинні бути враховані в календарні плани, мережеві моделі та кошторисну документацію. Це зумовлено підключення резервів на непередбачені витрати у вигляді відсотків від загальної трудомісткості або фінансових витрат (*Таблиця 2-5*). Це дозволяє врахувати потенційні додаткові роботи, які неможливо точно передбачити на початковому етапі планування. Наукометричний аналіз та додаткові дослідження емпіричних даних щодо обмеженої вибірки об'єктів із фіксованими характеристиками дають змогу сформувати попередній перелік факторів, що призводять до цих непрогнозованих втрат і додаткових обсягів робіт. Такий аналіз може стати основою для вдосконалення прогнозних моделей, які враховуватимуть змінні умови на майбутніх об'єктах, підвищуючи точність оцінок та знижуючи ризики перевищення бюджету. Зібрані дані стають основою для вдосконалення прогнозних моделей, які враховують змінні умови будівельного середовища та дозволяють більш точно оцінювати потенційні ризики на майбутніх об'єктах. Це, у свою чергу, сприяє підвищенню точності фінансових прогнозів, зниженню ймовірності перевищення бюджету та забезпеченню більш ефективного управління ресурсами протягом усього життєвого циклу проєкту [21, 84].

Таблиця 2-5 Типи непередбачуваних витрат при будівництві

Тип непередбачуваних витрат	Опис	Рекомендований відсоток від бюджету
Технічні ускладнення	Витрати, пов'язані з виявленням прихованих дефектів ґрунту, фундаментів або комунікацій.	3% – 5%
Зміни в проєктній документації	Коригування архітектурних або інженерних рішень за вимогами замовника чи нормативів.	2% – 4%
Кліматичні	Затримки через несприятливі	1% – 3%

фактори	погодні умови (дощі, заморозки, сильний вітер).	
Зростання вартості матеріалів	Коливання цін на будівельні матеріали або паливно-енергетичні ресурси.	2% – 5%
Збої в логістиці	Затримки доставки матеріалів, устаткування чи механізмів через логістичні проблеми.	1% – 3%
Витрати на охорону праці та безпеку	Додаткові заходи безпеки у випадку аварійних ситуацій або посилення норм техніки безпеки.	1% – 2%
Юридичні та адміністративні витрати	Витрати на отримання додаткових дозволів, сплату штрафів чи вирішення спірних ситуацій.	1% – 2%
Непередбачувані соціальні фактори	Затримки або витрати через страйки, протести місцевого населення чи інші соціальні обставини.	0,5% – 1,5%
Екологічні ризики	Видатки на ліквідацію забруднень або дотримання додаткових екологічних норм.	1% – 2%
Інші непередбачувані витрати	Дрібні витрати, не враховані в інших категоріях, але необхідні для завершення проєкту.	1% – 2%
Затримки через постачання обладнання	Збої у виробництві або поставках специфічного обладнання.	1% – 3%
Фінансові коливання	Зміни валютних курсів, інфляція або коливання процентних ставок.	1% – 2%

Непередбачені археологічні знахідки	Затримки через виявлення історичних чи археологічних об'єктів на будівельному майданчику.	0,5% – 1%
Ризики форс-мажору	Природні катастрофи, епідемії, війни чи інші неконтрольовані події.	3% – 7%

Загалом рекомендується закладати 10-15% від загальної вартості проекту на непередбачувані витрати. Цей резерв дозволяє мінімізувати ризики та уникнути серйозних фінансових проблем під час будівництва.

Проведення комплексного аналізу довідково-технічної та нормативно-кошторисної документації, у поєднанні з наукометричним дослідженням публікацій у цій сфері та практичним досвідом реалізації будівельних проєктів дозволило сформувати розширений перелік факторів (Таблиця 2-6). Ці фактори, відомі фахівцям у галузі, сприяють збільшенню неврахованих витрат і виробничих втрат, що призводить до підвищення трудомісткості та подовження термінів виконання будівельних робіт на аналогічних об'єктах. Детальний аналіз цих факторів дає змогу точніше оцінити можливі відхилення від планових показників та адаптувати кошторисну документацію до реальних умов будівельного процесу. Інтеграція цих факторів у розрахунки дозволяє врахувати непередбачені обставини, які можуть виникнути під час будівництва, такі як несподівані зміни погодних умов, затримки в постачанні матеріалів або необхідність виконання додаткових робіт через зміни проєктних рішень [125]. Загалом, отримані дані служать основою для подальшого вдосконалення методик планування та оптимізації будівельних процесів. Це не лише підвищує точність розрахунків, але й мінімізує ризики перевищення запланованих витрат і термінів виконання робіт.

У сучасних умовах динамічного розвитку будівельної галузі важливим завданням є забезпечення ефективного планування та управління виробничими процесами. Для досягнення цього необхідно враховувати

широкий спектр чинників, які впливають на формування програми діяльності будівельної організації (ПДБО). У даній роботі здійснено систематизацію таких чинників, зосереджену на ключових аспектах проектно-організаційної підготовки, матеріально-технічного забезпечення, управління людськими ресурсами, організації будівельного процесу, врахуванні зовнішніх впливів, впровадженні інноваційних технологій та застосуванні інноваційних технологій. Такий підхід дозволяє забезпечити комплексний аналіз та оптимізацію всіх етапів будівництва, підвищуючи його продуктивність, якість та адаптивність до сучасних викликів [39, 53].

Таблиця 2-6 систематизує основні чинники, що впливають на формування програми діяльності будівельної організації (ПДБО), забезпечуючи їхнє наукове та практичне обґрунтування. Проектно-організаційна підготовка охоплює комплексне проектування, стандартизацію та інтеграцію екологічних стандартів, що знижує ризики затримок і підвищує якість робіт. Матеріально-технічне забезпечення зосереджене на логістиці, своєчасному постачанні, технічному оснащенні та моніторингу стану техніки, що мінімізує простої та оптимізує ресурси. Управління людськими ресурсами включає кваліфікацію, мотивацію та ротацію кадрів, сприяючи зниженню помилок і підвищенню продуктивності. Організація будівельного процесу акцентується на плануванні, контролі якості, аналізі ризиків та впровадженні технологічних карт, забезпечуючи ефективність та раціональне використання ресурсів. Зовнішні фактори, такі як кліматичні умови, регуляторні зміни та соціально-економічна ситуація, враховуються для зменшення ризиків затримок і додаткових витрат. Інноваційні технології, включаючи робототехніку, дрони та 3D-друк, підвищують продуктивність, точність та ефективність, а BIM-технології оптимізують планування, бюджетування та координацію в реальному часі. Така комплексна систематизація чинників забезпечує ефективне управління будівельними процесами та адаптацію до сучасних вимог [29, 36].

Таблиця 2-6 Базова систематизація чинників, що визначають формування програми діяльності будівельної організації, здійснена шляхом комплексного наукового аналізу та практичних досліджень

№	Категорії умов	Група чинників	Наукове підґрунтя на виробничі процеси
Проектно-організаційна підготовка		Комплексне проектування, адаптація робочих креслень	Відповідність проектної документації впливає на якість виконання робіт та запобігає ризикам затримок
1	Технологічні рішення	Оптимізація конструктивних елементів об'єкта	Зменшення трудоз витрат завдяки використанню сучасних технологій
2	Рівень стандартизації	Використання уніфікованих рішень	Прискорює виконання робіт та знижує вартість проекту
3	Наявність робочої документації	Своєчасність отримання креслень та планів	Забезпечує безперебійність робіт на всіх етапах будівництва
4	Інтеграція екологічних стандартів	Врахування екологічних вимог на етапі проектування	Покращує відповідність проекту сучасним екологічним нормам та підвищує його привабливість для інвесторів
Матеріально-технічне забезпечення		Логістика матеріалів, стан обладнання	Впливає на швидкість та безперебійність виконання робіт
5	Постачання будівельних	Якість та своєчасність поставок	Оптимізація витрат часу на пошук і доставку матеріалів

	матеріалів		
6	Технічне оснащення	Сучасне обладнання для виконання робіт	Підвищує продуктивність та безпеку праці
7	Ресурсне планування	Стратегія використання техніки та матеріалів	Оптимізує витрати та скорочує простої
8	Моніторинг стану техніки	Регулярна діагностика обладнання	Зменшує ризики аварійних ситуацій та простоїв
Управління людськими ресурсами		Розподіл робочих кадрів, навчання та розвиток	Ключовий фактор для підвищення продуктивності та якості робіт
9	Кваліфікація працівників	Відповідність навичок вимогам проекту	Знижує кількість помилок і підвищує ефективність
10	Взаємозамінність кадрів	Гнучкість у формуванні бригад	Зменшує залежність від окремих спеціалістів
11	Система мотивації	Матеріальні та нематеріальні стимули	Підвищує залученість та продуктивність працівників
12	Ротація кадрів	Регулярна зміна складу бригад для зниження психологічної втоми	Сприяє підвищенню мотивації та збереженню ефективності
Організація будівельного процесу		Планування та контроль виконання робіт	Підвищення ефективності за рахунок системного підходу
13	Технологічні карти	Оптимізація етапів робіт	Забезпечує раціональне використання часу та ресурсів
14	Контроль якості	Система перевірки на	Запобігає виникненню

		кожному етапі	дефектів та переробок
15	Інтеграція цифрових технологій	ВІМ, автоматизовані системи управління	Скорочує терміни реалізації проектів та знижує витрати
16	Аналіз ризиків	Оцінка можливих затримок та проблем на кожному етапі	Дозволяє своєчасно вживати заходів для мінімізації втрат
Зовнішні фактори впливу		Природні та соціально-економічні умови	Мають потенціал до суттєвого впливу на терміни та якість робіт
17	Кліматичні умови	Сезонні та погодні коливання	Впливають на тривалість виконання зовнішніх робіт
18	Непередбачувані обставини	Пандемії, економічні кризи	Вимагають адаптації графіків та ресурсів
19	Регуляторні зміни	Зміни в законодавстві та нормах	Можуть спричинити додаткові витрати або затримки
20	Соціально-політична стабільність	Аналіз поточного політичного клімату	Дозволяє передбачити ризики, пов'язані з політичною ситуацією
Інновації та впровадження нових технологій		Використання новітніх технологій у будівництві	Підвищення продуктивності та конкурентоспроможності
21	Впровадження робототехніки	Автоматизація фізичних робіт	Знижує витрати на робочу силу та підвищує точність
22	Залучення дронів	Використання безпілотників для контролю та будівництва об'єктів	Підвищує точність і швидкість моніторингу стану та будівництва об'єктів

23	3D-друк будівельних елементів	Використання адитивних технологій	Скорочує час будівництва та зменшує відходи
24	Використання штучного інтелекту	Аналіз даних для оптимізації процесів	Покращує прийняття рішень та підвищує ефективність управління
BIM-технології (Building Information Modeling)		Цифрове моделювання для підвищення ефективності проєктів	Оптимізація всіх етапів будівельного циклу
25	Віртуальне моделювання	Створення цифрових моделей для аналізу проєкту	Зменшує помилки та оптимізує проєктування
26	Спільна робота у реальному часі	Хмарні технології для доступу до даних усіма учасниками	Підвищує прозорість і координацію на будмайданчику
27	Автоматизація розрахунків	Інтеграція кошторисів, графіків та ресурсів	Забезпечує точне планування та бюджетування
28	Моніторинг та аналіз у реальному часі	Відстеження прогресу та відхилень у процесі будівництва	Підвищує якість контролю та скорочує ризики затримок
29	Інтеграція з ERP-системами	Синхронізація з системами управління підприємством	Забезпечує повну автоматизацію бізнес-процесів та будівельного циклу

2.3. Верифікація та матричний аналіз номенклатури виконуваних робіт в складі програми робіт будівельної організації

Верифікація та матричний аналіз номенклатури виконуваних робіт у складі програми робіт будівельної організації є важливим етапом для забезпечення точності, узгодженості та ефективності планування виробничих процесів. Верифікація передбачає перевірку відповідності запланованих робіт реальним можливостям організації, з урахуванням наявних ресурсів, технічного оснащення, кваліфікації персоналу та вимог ринку. Це дозволяє виявити потенційні помилки в плануванні, надлишкове або недостатнє завантаження робочих потужностей та незбалансованість ресурсів. Водночас, матричний аналіз є ефективним інструментом для візуалізації взаємозв'язків між різними етапами робіт та ресурсами, що використовуються в процесі будівництва. Створення матриць дозволяє наочно відобразити комплексність та взаємозалежність елементів програми, що допомагає ідентифікувати ключові критичні точки, де можуть виникнути затримки чи проблеми, а також оптимізувати послідовність виконання робіт. Завдяки матричному підходу можна також ефективно розподілити ресурси між різними етапами, враховуючи обмеження по часу та матеріальних ресурсах. Поєднання верифікації з матричним аналізом дає змогу досягти високої точності в розрахунках та плануванні, забезпечити своєчасне виконання робіт відповідно до встановлених термінів та бюджетів, а також своєчасно коригувати програму в разі виникнення непередбачених ситуацій або змін у зовнішньому середовищі. Ці методи стають важливим інструментом для забезпечення комплексного та науково обґрунтованого підходу до управління виробничими програмами будівельних організацій [94, 112].

Для уточнення впливу конкретних чинників на підвищення трудомісткості, тривалості та вартості робіт, фахівцям, залученим, було запропоновано заповнити анкету, у якій вони визначали їхнє значення шляхом послідовного оцінювання за найважливішим рівнем впливу. При цьому

респонденти мали право самостійно доповнити перелік додатковими пунктами, відсутніми в початковому списку. Після первинного опитування розпочався наступний етап дослідження з використанням уже розширеної анкети, що проводився до моменту досягнення узгодженості висновків щодо реального впливу цих чинників на виробничі процеси. Таким чином, кожен з ітераційних кроків давав змогу виявити та усунути потенційні пропуски або дублювання в переліку факторів, підвищуючи його валідність і репрезентативність. У підсумку зібрані емпіричні дані дозволили успішно перевірити коректність попередньої гіпотези про склад і зміст факторного масиву, що, у свою чергу, сформувало основу для остаточної структуривання номенклатури виробничих факторів і подальших заходів з оптимізації організації будівельних процесів у контексті управління часом і ресурсами (Таблиця 2-6).

При формуванні кількісних показників, що відображають ступінь впливу ключових чинників програми діяльності будівельної організації (ПДБО), і подальшого впровадження цих значень та змінних в оптимізаційну математичну модель, доцільно застосовувати детерміновані математичні методи й інтегроване моделювання. Зокрема, йдеться про використання методів кореляційно аналізу, який дають змогу отримати обґрунтовані числові оцінки впливу окремих чинників. Важливою складовою дослідження є метод обробки експертних думок, що передбачає залучення кваліфікованих фахівців із різних галузей. Експерти оцінюють пріоритетність та силу взаємозв'язків між чинниками з урахуванням технологічних, економічних і організаційних особливостей будівельного виробництва. Отримані дані проходять процедуру статистичної обробки, що дозволяє зменшити суб'єктивність окремих респондентів і забезпечити узгодженість колективного результату. Поєднання детермінованих математичних методів із методами експертних оцінок сприяє комплексній перевірці достовірності отриманих результатів і підвищенню точності оптимізаційної моделі. Завдяки такому підходу можна оцінити найзначущіші чинники, які впливають на програму діяльності будівельної

організації. У підсумку це дозволяє розробити ефективніші управлінські рішення, спрямовані на оптимізацію ресурсів, зменшення ризиків та забезпечення стабільного розвитку підприємства у будівельній галузі [105, 109].

Методи експертного дослідження, орієнтовані на аналіз групових думок і колективне прийняття рішень, належать до комплексу наукових підходів, що дають змогу інтегрувати різноманітні індивідуальні судження фахівців задля досягнення узгодженого колективного висновку. У контексті багатофакторної невизначеності вони забезпечують систематичний збір, обробку та аналіз експертних оцінок, спрямованих на формування оптимальних рекомендацій або сценаріїв подальших дій. Основою таких методів є залучення групи фахівців, які володіють різними сферами компетентності та практичним досвідом, що дозволяє уникнути суб'єктивізму й поодиноких помилок. Серед найпоширеніших методів варто виокремити Метод Delphi, який передбачає проведення кількох циклів анонімного опитування експертів із поступовим узгодженням їхніх оцінок. Завдяки послідовності ітерацій відбувається коригування й уточнення результатів, що сприяє підвищенню надійності колективного висновку. Іншим ефективним прикладом є метод фокус-груп, який полягає в інтерактивному обговоренні проблеми у невеликій групі спеціалістів за участю модератора. Завдяки динамічному обміну думками створюються умови для глибокого аналізу прихованих чинників, виявлення потенційних ризиків і можливостей, а також формування конкретних практичних рекомендацій. Ще один популярний інструмент це номінальна групова техніка (Nominal Group Technique), яка поєднує фазу індивідуального формулювання ідей з подальшою колективною оцінкою та рейтинговим голосуванням. Таким чином, методи експертного дослідження групових суджень не лише забезпечують всебічне бачення ситуації, а й сприяють обґрунтованому прийняттю рішень у різноманітних сферах діяльності. Завдяки інтеграції широкого кола експертних знань та наявності механізмів

підвищення узгодженості оцінок, ці методи є ефективним інструментом у процесі управління ризиками та формування стратегічних рішень.

Метод експертного опитування зазвичай охоплює десять послідовних кроків, кожний з яких має визначальне значення для отримання коректних, надійних та узгоджених результатів. На початковому кроці здійснюється аналіз вхідних даних. Далі формується базовий перелік критеріїв. Третій крок формування експертної групи, причому важливо визначити кваліфікаційні вимоги до фахівців, залучених до дослідження, а також забезпечити їхню компетентність у відповідних галузях. Четвертий крок передбачає розроблення анкети або опитувальника, у якому формулюються ключові питання, гіпотези чи критерії оцінювання. П'ятий крок полягає в організації процесу збору інформації шляхом голосування чи структурованого опитування: експертам пропонується надати відповіді на поставлені запитання, що можуть охоплювати як якісні, так і кількісні аспекти досліджуваної проблеми. Шостий крок це камеральна обробка та аналіз зібраних даних із застосуванням відповідних статистичних та аналітичних процедур. Тут здійснюється оцінювання надійності отриманих результатів (наприклад, шляхом коефіцієнтів кореляції), а також визначення рівня колективного консенсусу. Якщо констатується низька узгодженість, можливе повернення до попередніх фаз із повторним коригуванням анкет або складу експертної групи. Сьомий крок базується на перевірці достовірності отриманих результатів. Восьмий крок спрямований на вироблення колективного консенсусу щодо проблеми, що зазвичай досягається через узгоджувальні сесії, додаткові раунди голосування чи інші групові дискусії, покликані зменшити невідповідності в оцінках. Наступним є уточнення вихідних даних за необхідності. Завершальний крок полягає у підготовці остаточного, обґрунтованого й зазвичай детально задокументованого колективного рішення, що містить рекомендації чи висновки, релевантні до предмету дослідження. У межах даного дослідження пропонується удосконалена методика експертного аналізу, структура якої є більш

багаторівневою та деталізованою порівняно з традиційним підходом, що дає змогу посилити верифікацію отриманих результатів і підвищити їхню достовірність. У цій розширеній схемі додатково передбачено впровадження механізмів зворотного зв'язку з експертами, системи вагових коефіцієнтів для оцінювання відповідності й релевантності експертних суджень, а також використання спеціалізованих програмних інструментів для аналізу та узгодження даних. Такий комплексний підхід дає змогу не лише підвищити якість підсумкового колективного рішення, а й забезпечити його практичну придатність для подальшого впровадження в управлінські та виробничі процеси (Таблиця 2-7).

Таблиця 2-7 Алгоритм експертного дослідження: кроки, опис та підсумки

Крок	Назва	Опис	Результат
Крок 1	Аналіз вихідних даних	Проведення детального аналізу масиву початкової інформації для ідентифікації основних параметрів дослідження.	Визначення ключових даних для подальшого дослідження.
Крок 2	Формування базового переліку впливових факторів	Визначення та систематизація факторів, що впливають на трудомісткість і тривалість виконання будівельних робіт.	Створення початкового списку факторів, які потребують оцінки.
Крок 3	Формування експертної групи	Залучення фахівців відповідного профілю для проведення експертного дослідження з урахуванням їх компетенцій.	Створення кваліфікованої групи експертів для проведення оцінки.

Крок 4	Розроблення інструмента рію для опитування	Створення опитувального інструменту (анкети) із застосуванням дистанційних засобів збору даних для забезпечення ефективності процесу.	Готовий анкетний інструмент для збору експертних даних.
Крок 5	Проведення збору експертних даних	Організація процесу збору інформації через дистанційне опитування для отримання узгоджених висновків.	Зібрані дані експертних оцінок.
Крок 6	Аналіз і обробка отриманих результатів	Обробка даних опитування, включаючи їх систематизацію, класифікацію та оцінку якості інформації.	Систематизовані та проаналізовані результати опитування.
Крок 7	Перевірка достовірності отриманих результатів	Аналіз точності та узгодженості отриманих результатів, а також внесення коректив у випадку наявності конструктивних зауважень від експертів.	Підтверджена достовірність даних і враховані зауваження експертів.
Крок 8	Валідація результатів та їх практичне застосування	Узгодження отриманих висновків із практичними умовами, перевірка їх застосовності та формування рекомендацій для впровадження у відповідній галузі.	Готові до впровадження рекомендації, підтверджені реальними умовами.

Уточнення	Уточнення вихідних даних, анкети та складу експертів	Унесення змін до анкети, переліку факторів або складу експертної групи на основі зворотного зв'язку і рекомендацій.	Вдосконалення й інструмент дослідження та уточнені ключові фактори.
Завершення	Систематизація й оцінка значущості впливових факторів	Завершальний етап, що включає формування остаточного переліку факторів, визначення їхнього впливу на трудомісткість і тривалість робіт та групування за категоріями.	Остаточний перелік впливових факторів, упорядкований за значущістю.

Для забезпечення комплексності дослідження та підвищення обґрунтованості отриманих висновків, особлива увага була приділена аналізу критеріїв, що впливають на ефективність виробничих процесів у будівельній діяльності. З цією метою було проведено поетапний аналіз описаними вище методиками впливових критеріїв, що включав як теоретичне опрацювання джерел, так і практичне вивчення специфіки організації будівельних процесів. Такий підхід дозволив сформулювати узагальнену номенклатуру потенційних чинників ризику, які потребують подальшої перевірки на предмет їхнього реального впливу в умовах будівельних робіт. До складу були залучені фахівці, що мали виключно будівельну вищу освіту а також щонайменше п'ять років сукупного професійного досвіду роботи за напрямом будівництва. Фахівці що були залучені мали різні керівні посади. Серед типових посад, які представляли фахівці, слід виокремити: керівників проєктів, начальників діляниць, генеральних директорів, головних інженерів тощо. Під час дослідження експерти оцінювали вплив 29 виокремлених чинників (Таблиця 2-6), загальна кількість респондентів становила 27 осіб. Ключовою методикою оцінювання було ранжування критеріїв за ступенем їх впливу у порядку

зростання. З метою підвищення рівня валідності та репрезентативності зібраних даних, результати дослідження пройшли статистичну обробку з використанням методів кореляційного аналізу. Такий підхід дав змогу визначити ступінь узгодженості думок експертів та виявити фактори, які мають найбільш суттєвий вплив на формування часових і ресурсних витрат у виробничих процесах. Отримані дані утворили емпіричну основу для подальшої побудови моделі оптимізації, спрямованої на зниження ризиків простоїв і витрат у будівельній діяльності.

Методи матричних обчислень активно використовуються для кількісної оцінки впливу різних факторів на ключові виробничі показники, такі як трудомісткість, тривалість виконання робіт та їх вартість. Матричний аналіз базується на принципах формалізації експертних оцінок та статистичної обробки даних, створюючи основу для прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Його застосування дозволяє структурувати великий обсяг інформації, виділити ключові фактори ризику та виявити резерви для оптимізації процесів. Послідовне формування матриць рангів, їх трансформація та подальше визначення інтегральних оцінок створюють комплексну картину впливу різноманітних чинників на виробничі результати. Використання методів матричного аналізу дає змогу не лише встановити рівень узгодженості експертних думок за допомогою статистичних критеріїв, але й підвищити точність прогнозування потенційних відхилень у планових показниках. Це, своєю чергою, створює підґрунтя для розробки стратегій мінімізації витрат, зниження ризиків простоїв та забезпечення ефективного управління ресурсами в будівельних проєктах. Процес аналізу умовно можна розподілити на такі основні етапи:

Створення початкової матриці та її подальша трансформація для поглибленого аналізу (*Таблиця 2-9, Таблиця 2-10, Таблиця 2-12, Таблиця 2-13, Таблиця 2-15, Таблиця 2-16*).

- На основі експертного опитування або аналізу емпіричних даних визначаються фактори, що найбільше впливають на певні виробничі показники.
- Для кожного фактора експерти присвоюють ранги за окремими показниками. Отримані оцінки впорядковуються у вигляді початкової матриці рангів.
- З метою уніфікації даних, а також для спрощення подальших розрахунків формується перетворена матриця рангів. Це дозволяє підготувати вихідну інформацію до наступних етапів аналізу.

Перевірка надійності та валідності результатів.

- Для підтвердження достовірності отриманих висновків застосовують відповідні статистичні критерії, коефіцієнт конкордації Кендалла.
- У разі, якщо результати свідчать про недостатній рівень узгодженості експертних оцінок, можлива повторна організація експертизи із розширеним колом фахівців або застосування коригувальних методів (зокрема, зважування експертів за рівнем їх компетентності).
- Підсумкові результати перевірки фіксуються у зведених таблицях, де наведено оцінку групової узгодженості, довірчих інтервалів та інших показників, що характеризують якість дослідження.

Формування результуючої матриці та розрахунок рейтингу критеріїв. (*Таблиця 2-11, Таблиця 2-14, Таблиця 2-17*).

- На основі перетвореної матриці рангів розраховується матриця нормативного впливу, яка відображає відносну силу впливу кожного фактора на обрані виробничі показники.

- Проводиться оцінка індивідуального та групового впливу усіх факторів. Спершу визначається індивідуальний ранг кожного фактора з урахуванням його впливу на кожен окремий показник, а потім обчислюється інтегральний ранг, що узагальнює сукупний вплив за всіма розглянутими показниками.
- В результаті формується впорядкований перелік факторів за ступенем значущості, що дозволяє ідентифікувати ключові фактори ризику або, навпаки, найбільш сприятливі чинники для оптимізації виробничих процесів.

Застосування описаних методів матричного аналізу дає змогу:

- Систематизувати дані про вплив кожного фактора на різні показники з урахуванням думок кваліфікованих експертів;
- Кількісно зіставляти рівень важливості факторів і виявляти найбільш критичні з них у контексті заданих виробничих цілей;
- Поліпшувати планування та прогнозування, оскільки на основі отриманих інтегральних рейтингів можна оптимізувати технологічні, організаційні та економічні рішення;
- Підвищувати надійність прийнятих управлінських рішень завдяки перевірці узгодженості та валідності результатів.

Таким чином, застосування матричних методів оцінювання є ефективним інструментом для визначення пріоритетності управлінських критеріїв на виробничі показники. Це дозволяє не лише формально систематизувати експертну інформацію, а й забезпечує науково обґрунтований підхід до прийняття стратегічних та оперативних рішень у сфері управління підприємством чи проектом.

Для оцінки достовірності результатів аналізу застосовувався метод кореляції Кендалла, який використовується для аналізу незалежних

випадкових величин з метою виявлення фактичної наявності взаємозв'язків між ними. Коефіцієнт конкордації Кендалла використовується в дисертаційному дослідженні для оцінки рівня узгодженості думок 27 експертів щодо 29 критеріїв будівельних процесів. Він дозволяє визначити, наскільки погоджено експерти оцінюють важливість критеріїв, що є ключовим для обґрунтованості отриманих результатів. Високий коефіцієнт конкордації свідчить про значну однотайність серед експертів, що підтверджує надійність використаних даних. Низький рівень узгодженості може вказувати на необхідність додаткового уточнення критеріїв або роз'яснення завдання експертам (Таблиця 2-8).

Таблиця 2-8 Оцінка достовірності експертного дослідження за коефіцієнтом рангової кореляції Кендалла. Встановлення ступеня узгодженості думок експертів

Коефіцієнт Кендалла	Значення
$W=0$	Відсутність згоди. Судді повністю не узгоджені, їхні ранжування є випадковими.
$W \approx 0.01-0.39$	Низький рівень згоди. Узгодженість між суддями слабка, можливо, є багато розбіжностей.
$W \approx 0.4-0.69$	Помірний рівень згоди. Існує певна узгодженість, але все ще присутні значні розбіжності.
$W \approx 0.7-0.99$	Високий рівень згоди. Судді майже погоджуються один з одним, розбіжності мінімальні.
$W=1$	Повна узгодженість. Усі судді надали однакове ранжування.

Таблиця 2-9 Результати опитувань щодо тривалості

		Спеціалісти																										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Чинники	1	9	5	4	3	2	11	3	12	4	3	7	7	5	2	12	7	7	4	5	6	12	2	1	15	10	8	12
	2	26	26	23	28	29	25	28	23	21	20	21	22	28	25	27	18	29	22	28	29	24	24	22	27	25	27	21
	3	29	27	28	24	26	26	29	29	28	28	26	29	27	28	29	22	28	29	29	26	25	28	29	26	28	29	25
	4	7	9	10	6	3	1	11	5	8	6	9	11	2	10	8	1	11	11	8	9	3	6	5	8	8	9	7
	5	25	29	24	22	28	28	25	26	23	29	28	24	23	20	22	23	25	10	23	17	28	22	28	14	21	14	10
	6	17	22	21	14	19	12	15	24	19	22	27	26	21	23	16	27	22	25	19	21	20	29	25	29	24	23	23
	7	10	19	27	29	23	27	18	21	29	23	29	25	24	24	26	29	16	24	13	25	21	16	17	16	22	19	14
	8	21	28	29	25	22	29	27	28	24	24	23	28	29	29	28	25	27	26	27	28	29	23	26	25	29	24	29
	9	24	23	16	26	18	18	21	25	22	27	20	23	25	14	19	26	21	23	16	27	23	19	21	17	20	22	27
	10	12	24	17	27	25	13	17	19	26	17	22	15	26	21	18	17	20	19	18	23	19	27	20	20	23	25	24
	11	22	14	19	16	21	22	8	27	27	16	19	20	17	19	21	15	26	18	24	16	26	26	19	12	16	20	18
	12	23	18	26	20	20	23	26	18	17	25	16	17	20	18	24	24	19	20	15	18	22	18	24	11	15	21	15
	13	27	25	18	19	24	10	10	22	18	21	25	21	22	26	20	28	24	28	25	24	27	21	27	19	26	28	26
	14	28	20	25	21	27	24	22	20	20	26	24	27	18	27	25	21	23	27	26	22	18	25	23	28	27	26	28
	15	6	12	11	5	9	15	2	9	12	12	13	8	9	12	14	10	6	14	4	14	10	15	7	22	9	6	13
	16	13	21	15	23	17	20	24	16	25	14	14	19	15	22	23	11	14	17	11	15	17	14	18	13	17	16	6
	17	2	6	8	9	10	5	7	4	5	1	1	5	8	9	2	4	5	1	1	3	5	8	9	1	7	1	9
	18	1	1	3	1	4	3	1	1	2	4	2	1	1	7	1	3	1	2	2	2	1	7	3	2	5	4	2
	19	4	2	5	2	7	9	6	3	1	5	6	2	6	1	3	5	2	6	7	1	8	4	6	9	1	2	1
	20	3	3	2	7	1	2	4	8	3	2	4	3	3	4	4	6	4	7	6	4	2	1	4	5	2	3	8
	21	8	10	6	4	11	7	9	2	6	8	3	6	10	5	9	2	10	13	10	11	4	9	8	7	6	11	5
	22	18	7	13	12	15	8	12	11	13	7	17	13	16	6	6	12	8	12	20	13	15	11	16	10	19	12	11
	23	14	8	12	15	6	6	13	10	15	13	8	14	14	8	7	19	13	3	12	7	9	5	13	4	13	10	3
	24	11	4	1	11	12	14	5	7	10	10	12	10	7	11	5	14	3	8	9	8	13	10	10	6	4	5	4
	25	5	17	9	8	5	4	19	6	7	18	5	4	4	3	15	9	17	5	3	5	16	3	2	3	3	17	19
	26	20	11	22	17	14	16	23	14	16	15	18	12	11	13	13	13	15	15	22	20	14	20	12	23	12	15	22
	27	19	13	20	13	13	21	16	13	11	9	15	16	12	16	11	16	9	21	17	19	6	12	15	21	14	7	16
	28	16	15	14	18	16	19	20	15	9	19	10	9	13	17	10	20	12	16	21	10	11	17	14	24	11	18	20
	29	15	16	7	10	8	17	14	17	14	11	11	18	19	15	17	8	18	9	14	12	7	13	11	18	18	13	17

Примітка: Градієнтне забарвлення є візуальним способом представлення впливу умов, див примітку Таблиця 2-11.

Таблиця 2-10 Обернені результати опитувань щодо тривалості

		Спеціалісти																											Сума балів
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
Чинники	1	21	25	26	27	28	19	27	18	26	27	23	23	25	28	18	23	23	26	25	24	18	28	29	15	20	22	18	632
	2	4	4	7	2	1	5	2	7	9	10	9	8	2	5	3	12	1	8	2	1	6	6	8	3	5	3	9	142
	3	1	3	2	6	4	4	1	1	2	2	4	1	3	2	1	8	2	1	1	4	5	2	1	4	2	1	5	73
	4	23	21	20	24	27	29	19	25	22	24	21	19	28	20	22	29	19	19	22	21	27	24	25	22	22	21	23	618
	5	5	1	6	8	2	2	5	4	7	1	2	6	7	10	8	7	5	20	7	13	2	8	2	16	9	16	20	199
	6	13	8	9	16	11	18	15	6	11	8	3	4	9	7	14	3	8	5	11	9	10	1	5	1	6	7	7	225
	7	20	11	3	1	7	3	12	9	1	7	1	5	6	6	4	1	14	6	17	5	9	14	13	14	8	11	16	224
	8	9	2	1	5	8	1	3	2	6	6	7	2	1	1	2	5	3	4	3	2	1	7	4	5	1	6	1	98
	9	6	7	14	4	12	12	9	5	8	3	10	7	5	16	11	4	9	7	14	3	7	11	9	13	10	8	3	227
	10	18	6	13	3	5	17	13	11	4	13	8	15	4	9	12	13	10	11	12	7	11	3	10	10	7	5	6	256
	11	8	16	11	14	9	8	22	3	3	14	11	10	13	11	9	15	4	12	6	14	4	4	11	18	14	10	12	286
	12	7	12	4	10	10	7	4	12	13	5	14	13	10	12	6	6	11	10	15	12	8	12	6	19	15	9	15	277
	13	3	5	12	11	6	20	20	8	12	9	5	9	8	4	10	2	6	2	5	6	3	9	3	11	4	2	4	199
	14	2	10	5	9	3	6	8	10	10	4	6	3	12	3	5	9	7	3	4	8	12	5	7	2	3	4	2	162
	15	24	18	19	25	21	15	28	21	18	18	17	22	21	18	16	20	24	16	26	16	20	15	23	8	21	24	17	531
	16	17	9	15	7	13	10	6	14	5	16	16	11	15	8	7	19	16	13	19	15	13	16	12	17	13	14	24	360
	17	28	24	22	21	20	25	23	26	25	29	29	25	22	21	28	26	25	29	29	27	25	22	21	29	23	29	21	674
	18	29	29	27	29	26	27	29	29	28	26	28	29	29	23	29	27	29	28	28	28	29	23	27	28	25	26	28	743
	19	26	28	25	28	23	21	24	27	29	25	24	28	24	29	27	25	28	24	23	29	22	26	24	21	29	28	29	696
	20	27	27	28	23	29	28	26	22	27	28	26	27	27	26	26	24	26	23	24	26	28	29	26	25	28	27	22	705
	21	22	20	24	26	19	23	21	28	24	22	27	24	20	25	21	28	20	17	20	19	26	21	22	23	24	19	25	610
	22	12	23	17	18	15	22	18	19	17	23	13	17	14	24	24	18	22	18	10	17	15	19	14	20	11	18	19	477
	23	16	22	18	15	24	24	17	20	15	17	22	16	16	22	23	11	17	27	18	23	21	25	17	26	17	20	27	536
	24	19	26	29	19	18	16	25	23	20	20	18	20	23	19	25	16	27	22	21	22	17	20	20	24	26	25	26	586
	25	25	13	21	22	25	26	11	24	23	12	25	26	26	27	15	21	13	25	27	25	14	27	28	27	27	13	11	579
	26	10	19	8	13	16	14	7	16	14	15	12	18	19	17	17	17	15	15	8	10	16	10	18	7	18	15	8	372
	27	11	17	10	17	17	9	14	17	19	21	15	14	18	14	19	14	21	9	13	11	24	18	15	9	16	23	14	419
	28	14	15	16	12	14	11	10	15	21	11	20	21	17	13	20	10	18	14	9	20	19	13	16	6	19	12	10	396
	29	15	14	23	20	22	13	16	13	16	19	19	12	11	15	13	22	12	21	16	18	23	17	19	12	12	17	13	443

Примітка: Градієнтне забарвлення є візуальним способом представлення впливу умов, див примітку Таблиця 2-11.

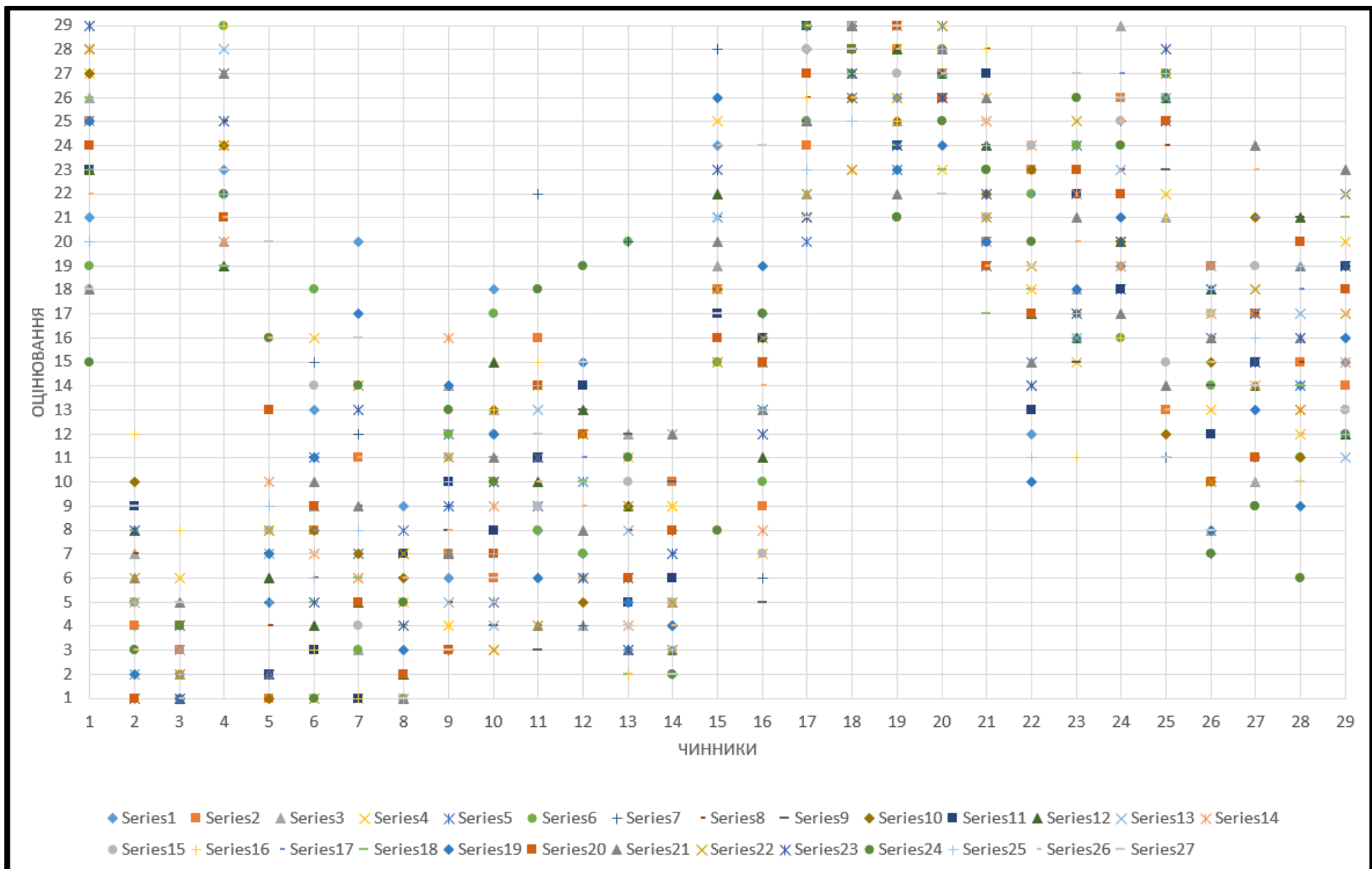


Рисунок 2-2 Діапазон оцінювання спеціалістами чинників тривалості згідно результатів дослідження

Значення коефіцієнту конкордації Кендалла щодо тривалості становить 0.793 що потрапляє в діапазон результатів $W=0.7-0.99$ та дає високий рівень згоди, а отже спеціалісти майже погоджуються один з одним, розбіжності мінімальні.

Таблиця 2-11 демонструє систематизовані дані тривалості щодо відносного та відсоткового впливу різних факторів на виробничі процеси в будівництві. Аналіз цих даних дозволяє визначити найважливіші зони впливу для прийняття управлінських рішень, оптимізації процесів та підвищення загальної результативності виробничої діяльності.

Таблиця 2-11 Відносний та відсотковий вплив факторів тривалості на виробничі процеси в будівництві

№	Категорії умов	Відносне значення, п/1	Відсоткове значення, %
Проектно-організаційна підготовка		0.125	12.5
1	Технологічні рішення	0.054	5.4
2	Рівень стандартизації	0.012	1.2
3	Наявність робочої документації	0.006	0.6
4	Інтеграція екологічних стандартів	0.053	5.3
Матеріально-технічне забезпечення		0.064	6.4
5	Постачання будівельних матеріалів	0.017	1.7
6	Технічне оснащення	0.019	1.9
7	Ресурсне планування	0.019	1.9
8	Моніторинг стану техніки	0.008	0.8

Управління людськими ресурсами		0.089	8.9
9	Кваліфікація працівників	0.019	1.9
10	Взаємозамінність кадрів	0.022	2.2
11	Система мотивації	0.024	2.4
12	Ротація кадрів	0.024	2.4
Організація будівельного процесу		0.107	10.7
13	Технологічні карти	0.017	1.7
14	Контроль якості	0.014	1.4
15	Інтеграція цифрових технологій	0.045	4.5
16	Аналіз ризиків	0.031	3.1
Зовнішні фактори впливу		0.240	24.0
17	Кліматичні умови	0.057	5.7
18	Непередбачувані обставини	0.063	6.3
19	Регуляторні зміни	0.059	5.9
20	Соціально-політична стабільність	0.060	6.0
Інновації та впровадження нових технологій		0.188	18.8
21	Впровадження робототехніки	0.052	5.2
22	Залучення дронів	0.041	4.1
23	3D-друк будівельних	0.046	4.6

	елементів		
24	Використання штучного інтелекту	0.050	5.0
BIM-технології (Building Information Modeling)		0.188	18.8
25	Віртуальне моделювання	0.049	4.9
26	Спільна робота у реальному часі	0.032	3.2
27	Автоматизація розрахунків	0.036	3.6
28	Моніторинг та аналіз у реальному часі	0.034	3.4
29	Інтеграція з ERP-системами	0.038	3.8

Примітка: Градієнтне забарвлення є візуальним способом представлення рівня впливу певного критерію або умови, де відтінки кольорів відображають зміну цього впливу. Зокрема, кольори, що наближаються до зеленого спектра, ідентифікують максимальний рівень впливу критерію або умови, тоді як поступове зміщення відтінків у бік червоного кольору свідчить про зменшення цього впливу. Такий підхід дозволяє інтуїтивно оцінити ступінь значущості або вираженості досліджуваного параметра в межах заданої системи або моделі.

Таблиця 2-12 Результати опитувань щодо трудомісткості

		Спеціалісти																										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Чинники	1	3	4	6	4	2	6	4	7	3	6	4	5	7	11	4	4	3	4	2	4	7	4	6	3	5	4	6
	2	11	12	12	12	6	5	12	16	13	5	12	14	4	3	6	12	13	12	6	14	9	12	5	13	14	12	5
	3	12	13	10	13	12	8	13	13	11	8	13	4	5	4	8	13	11	13	12	3	5	13	8	11	4	13	13
	4	10	11	14	11	9	13	11	10	10	13	11	12	10	7	11	11	10	11	9	13	14	11	13	10	10	11	9
	5	1	1	5	1	3	3	1	2	1	3	1	2	9	1	3	1	4	1	3	1	4	1	1	4	12	1	4
	6	5	6	7	6	11	2	6	5	2	7	6	3	3	8	13	6	2	6	11	2	3	6	7	2	3	6	7
	7	2	2	3	2	4	1	2	8	5	2	2	1	1	9	1	2	5	2	4	5	1	2	3	5	6	2	3
	8	6	3	4	3	10	4	3	1	12	4	3	7	11	10	12	3	12	3	10	7	2	3	4	12	7	3	2
	9	4	5	2	5	1	7	5	3	4	1	5	6	2	2	2	5	1	5	1	6	8	5	2	1	2	5	8
	10	19	7	8	7	13	16	7	6	19	16	7	9	14	12	15	7	19	7	13	8	15	7	16	19	9	7	21
	11	7	8	13	8	18	14	8	17	6	14	8	15	12	13	14	8	6	8	18	12	16	8	14	6	15	8	12
	12	13	14	15	14	5	15	14	12	7	15	14	13	17	16	20	14	7	14	5	11	6	14	15	7	13	14	14
	13	9	10	11	10	8	12	10	9	9	12	10	11	6	6	9	10	9	10	8	10	13	10	12	9	11	10	10
	14	8	9	1	9	7	11	9	11	8	11	9	10	8	5	10	9	8	9	7	9	12	9	11	8	1	9	1
	15	20	19	17	19	20	18	19	15	20	18	19	19	20	19	18	19	20	19	20	21	20	19	18	20	19	19	18
	16	14	20	9	20	15	10	20	4	14	10	20	8	13	14	5	20	14	20	15	24	17	20	10	14	8	20	20
	17	15	17	22	17	16	22	17	14	15	22	17	16	16	15	19	17	15	17	16	17	10	17	22	15	16	17	16
	18	16	15	18	15	14	9	15	23	16	9	15	21	15	26	7	15	16	15	14	15	11	15	9	16	21	15	17
	19	17	16	16	16	17	17	16	19	17	17	16	18	18	17	16	16	17	16	17	16	23	16	17	17	18	16	15
	20	18	18	19	18	19	19	18	20	18	19	18	17	19	18	17	18	18	18	19	20	18	18	19	18	17	18	19
	21	21	21	20	21	21	20	21	18	21	20	21	20	27	27	23	21	21	21	21	23	19	21	20	21	20	21	11
	22	22	22	21	22	22	21	22	22	22	21	22	22	22	28	21	22	22	22	22	22	21	22	21	22	22	22	22
	23	23	23	25	23	23	23	23	25	23	23	23	23	23	29	22	23	23	23	23	25	22	23	23	23	23	23	23
	24	24	24	23	24	28	24	24	21	24	24	24	25	21	20	24	24	29	24	24	26	24	24	24	24	24	24	26
	25	25	25	24	25	24	25	25	24	25	25	25	26	28	21	25	25	24	25	29	27	25	25	27	25	25	25	24
	26	29	26	26	26	25	26	26	26	29	26	26	27	29	22	27	26	25	26	28	29	26	26	28	29	26	26	25
	27	26	27	27	27	29	27	27	28	26	27	27	28	24	23	26	27	26	27	25	28	27	27	29	26	27	27	27
	28	27	28	29	28	26	28	28	27	27	28	28	24	25	24	28	28	27	28	26	18	28	28	25	27	28	28	29
	29	28	29	28	29	27	29	29	29	28	29	29	29	26	25	29	29	28	29	27	19	29	29	26	28	29	29	28

Примітка: Градієнтне забарвлення є візуальним способом представлення впливу умов, див примітку Таблиця 2-14.

Таблиця 2-13 Оборнені результати опитувань щодо трудомісткості

		Спеціалісти																											Сума балів
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
Чинники	1	27	26	24	26	28	24	26	23	27	24	26	25	23	19	26	26	27	26	28	26	23	26	24	27	25	26	24	682
	2	19	18	18	18	24	25	18	14	17	25	18	16	26	27	24	18	17	18	24	16	21	18	25	17	16	18	25	540
	3	18	17	20	17	18	22	17	17	19	22	17	26	25	26	22	17	19	17	18	27	25	17	22	19	26	17	17	544
	4	20	19	16	19	21	17	19	20	20	17	19	18	20	23	19	19	20	19	21	17	16	19	17	20	20	19	21	515
	5	29	29	25	29	27	27	29	28	29	27	29	28	21	29	27	29	26	29	27	29	26	29	29	26	18	29	26	736
	6	25	24	23	24	19	28	24	25	28	23	24	27	27	22	17	24	28	24	19	28	27	24	23	28	27	24	23	659
	7	28	28	27	28	26	29	28	22	25	28	28	29	29	21	29	28	25	28	26	25	29	28	27	25	24	28	27	725
	8	24	27	26	27	20	26	27	29	18	26	27	23	19	20	18	27	18	27	20	23	28	27	26	18	23	27	28	649
	9	26	25	28	25	29	23	25	27	26	29	25	24	28	28	28	25	29	25	29	24	22	25	28	29	28	25	22	707
	10	11	23	22	23	17	14	23	24	11	14	23	21	16	18	15	23	11	23	17	22	15	23	14	11	21	23	9	487
	11	23	22	17	22	12	16	22	13	24	16	22	15	18	17	16	22	24	22	12	18	14	22	16	24	15	22	18	504
	12	17	16	15	16	25	15	16	18	23	15	16	17	13	14	10	16	23	16	25	19	24	16	15	23	17	16	16	472
	13	21	20	19	20	22	18	20	21	21	18	20	19	24	24	21	20	21	20	22	20	17	20	18	21	19	20	20	546
	14	22	21	29	21	23	19	21	19	22	19	21	20	22	25	20	21	22	21	23	21	18	21	19	22	29	21	29	591
	15	10	11	13	11	10	12	11	15	10	12	11	11	10	11	12	11	10	11	10	9	10	11	12	10	11	11	12	298
	16	16	10	21	10	15	20	10	26	16	20	10	22	17	16	25	10	16	10	15	6	13	10	20	16	22	10	10	412
	17	15	13	8	13	14	8	13	16	15	8	13	14	14	15	11	13	15	13	14	13	20	13	8	15	14	13	14	355
	18	14	15	12	15	16	21	15	7	14	21	15	9	15	4	23	15	14	15	16	15	19	15	21	14	9	15	13	397
	19	13	14	14	14	13	13	14	11	13	13	14	12	12	13	14	14	13	14	13	14	7	14	13	13	12	14	15	353
	20	12	12	11	12	11	11	12	10	12	11	12	13	11	12	13	12	12	12	11	10	12	12	11	12	13	12	11	315
	21	9	9	10	9	9	10	9	12	9	10	9	10	3	3	7	9	9	9	9	7	11	9	10	9	10	9	19	248
	22	8	8	9	8	8	9	8	8	8	9	8	8	8	2	9	8	8	8	8	8	9	8	9	8	8	8	8	216
	23	7	7	5	7	7	7	7	5	7	7	7	7	7	1	8	7	7	7	7	5	8	7	7	7	7	7	7	179
	24	6	6	7	6	2	6	6	9	6	6	6	5	9	10	6	6	1	6	6	4	6	6	6	6	6	6	4	159
	25	5	5	6	5	6	5	5	6	5	5	5	4	2	9	5	5	6	5	1	3	5	5	3	5	5	5	6	132
	26	1	4	4	4	5	4	4	4	1	4	4	3	1	8	3	4	5	4	2	1	4	4	2	1	4	4	5	94
	27	4	3	3	3	1	3	3	2	4	3	3	2	6	7	4	3	4	3	5	2	3	3	1	4	3	3	3	88
	28	3	2	1	2	4	2	2	3	3	2	2	6	5	6	2	2	3	2	4	12	2	2	5	3	2	2	1	85
	29	2	1	2	1	3	1	1	1	2	1	1	1	4	5	1	1	2	1	3	11	1	1	4	2	1	1	2	57

Примітка: Градієнтне забарвлення є візуальним способом представлення впливу умов, див примітку Таблиця 2-14.

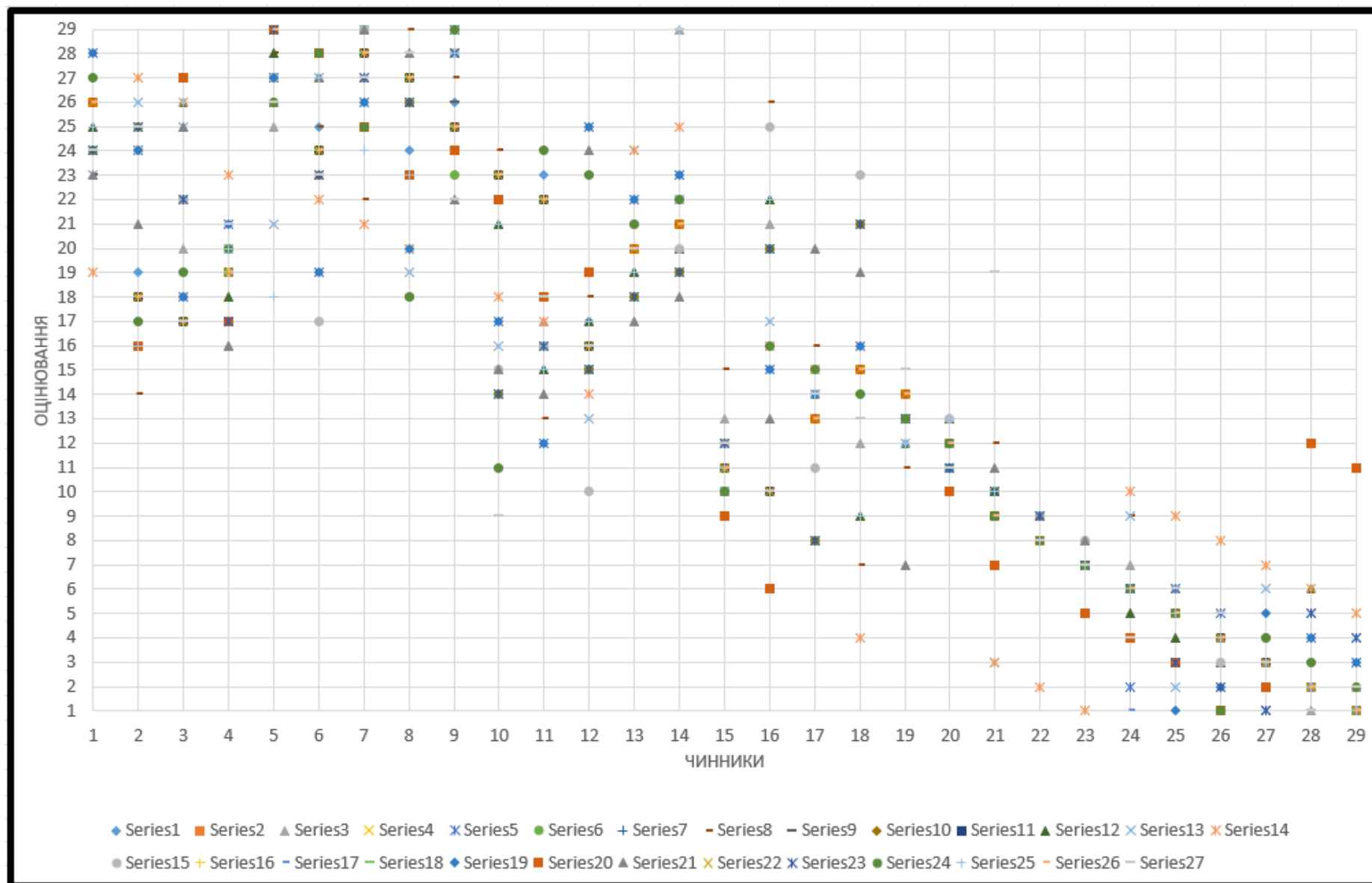


Рисунок 2-3 Діапазон оцінювання спеціалістами чинників трудомісткості згідно результатів дослідження

Значення коефіцієнту конкордації Кендалла щодо трудомісткості становить 0.893 що потрапляє в діапазон результатів $W=0.7-0.99$ та дає високий рівень згоди, а отже спеціалісти майже погоджуються один з одним, розбіжності мінімальні.

Таблиця 2-14 демонструє систематизовані дані трудомісткості щодо відносного та відсоткового впливу різних факторів на виробничі процеси в будівництві. Аналіз цих даних дозволяє визначити найважливіші зони впливу для прийняття управлінських рішень, оптимізації процесів та підвищення загальної результативності виробничої діяльності.

Таблиця 2-14 Відносний та відсотковий вплив факторів трудомісткості на виробничі процеси в будівництві

№	Категорії умов	Відносне значення, п/1	Відсоткове значення, %
Проектно-організаційна підготовка		0.194	19.4
1	Технологічні рішення	0.058	5.8
2	Рівень стандартизації	0.046	4.6
3	Наявність робочої документації	0.046	4.6
4	Інтеграція екологічних стандартів	0.044	4.4
Матеріально-технічне забезпечення		0.236	23.6
5	Постачання будівельних матеріалів	0.063	6.3
6	Технічне оснащення	0.056	5.6
7	Ресурсне планування	0.062	6.2
8	Моніторинг стану	0.055	5.5

	техніки		
Управління людськими ресурсами		0. 185	18.5
9	Кваліфікація працівників	0.060	6.0
10	Взаємозамінність кадрів	0.041	4.1
11	Система мотивації	0.043	4.3
12	Ротація кадрів	0.040	4.0
Організація будівельного процесу		0.157	15.7
13	Технологічні карти	0.046	4.6
14	Контроль якості	0.050	5.0
15	Інтеграція цифрових технологій	0.025	2.5
16	Аналіз ризиків	0.035	3.5
Зовнішні фактори впливу		0.121	12.1
17	Кліматичні умови	0.030	3.0
18	Непередбачувані обставини	0.034	3.4
19	Регуляторні зміни	0.030	3.0
20	Соціально-політична стабільність	0.027	2.7
Інновації та впровадження нових технологій		0.068	6.8
21	Впровадження робототехніки	0.021	2.1

22	Залучення дронів	0.018	1.8
23	3D-друк будівельних елементів	0.015	1.5
24	Використання штучного інтелекту	0.014	1.4
BIM-технології (Building Information Modeling)		0.039	3.9
25	Віртуальне моделювання	0.011	1.1
26	Спільна робота у реальному часі	0.008	0.8
27	Автоматизація розрахунків	0.007	0.7
28	Моніторинг та аналіз у реальному часі	0.007	0.7
29	Інтеграція з ERP-системами	0.005	0.5

Примітка: Градієнтне забарвлення є візуальним способом представлення рівня впливу певного критерію або умови, де відтінки кольорів відображають зміну цього впливу. Зокрема, кольори, що наближаються до зеленого спектра, ідентифікують максимальний рівень впливу критерію або умови, тоді як поступове зміщення відтінків у бік червоного кольору свідчить про зменшення цього впливу. Такий підхід дозволяє інтуїтивно оцінити ступінь значущості або вираженості досліджуваного параметра в межах заданої системи або моделі.

Таблиця 2-15 Результати опитувань щодо вартості

		Спеціалісти																										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Чинники	1	14	9	12	13	8	12	10	13	11	13	11	12	12	14	11	12	14	14	18	13	11	13	12	9	10	14	12
	2	15	16	17	11	14	13	16	15	10	14	14	17	8	11	16	14	13	16	9	14	8	14	15	16	12	13	14
	3	28	29	29	29	28	29	29	29	22	29	29	29	29	28	29	29	28	29	29	29	24	29	29	29	28	29	28
	4	13	14	18	15	16	16	15	16	17	11	15	14	16	10	18	17	16	6	15	16	20	15	18	17	16	17	13
	5	23	21	19	22	23	22	21	21	20	18	22	23	22	22	22	18	23	19	23	22	18	23	28	22	23	16	22
	6	10	12	3	20	13	11	13	23	14	10	12	11	11	7	10	10	12	13	7	10	14	12	9	13	15	7	21
	7	19	17	16	18	22	17	17	19	15	17	18	16	19	18	13	19	17	17	13	15	19	18	17	19	18	24	17
	8	29	27	26	26	29	28	28	28	27	28	27	28	28	29	25	28	29	27	28	27	29	28	20	27	29	28	26
	9	17	18	20	21	18	19	19	12	28	15	17	18	20	19	19	20	18	21	20	19	17	19	21	12	20	18	15
	10	21	22	23	17	19	18	22	20	18	21	20	22	17	17	21	22	20	23	22	23	22	22	23	21	22	23	20
	11	20	19	21	14	17	20	18	17	19	20	21	19	18	20	20	21	21	18	17	18	21	20	14	18	17	21	19
	12	18	20	15	19	21	21	20	18	21	19	16	21	21	21	17	15	19	20	21	21	16	21	19	20	21	20	18
	13	27	28	28	28	27	27	26	27	29	27	28	27	27	27	28	26	27	28	26	28	28	27	27	28	26	27	29
	14	16	13	14	10	15	15	12	14	13	16	24	15	9	16	15	16	10	15	16	12	15	3	16	10	13	11	16
	15	9	4	11	1	10	3	7	9	1	8	6	9	5	6	9	8	7	11	10	6	10	4	7	11	3	8	10
	16	12	15	13	16	9	14	14	11	16	26	13	13	15	15	14	13	15	12	14	11	13	16	13	14	7	15	3
	17	25	24	22	23	20	23	24	22	23	22	19	24	23	23	24	23	22	22	19	24	23	24	22	24	19	22	24
	18	22	23	25	24	24	25	23	24	24	23	23	20	25	24	23	24	24	25	24	20	25	17	24	25	24	19	25
	19	24	25	27	25	26	26	25	25	25	24	25	25	26	25	26	25	25	24	25	25	26	25	25	23	25	26	23
	20	26	26	24	27	25	24	27	26	26	25	26	26	24	26	27	27	26	26	27	26	27	26	26	26	27	25	27
	21	4	2	1	6	5	8	3	4	7	5	2	3	6	3	8	4	2	3	1	5	2	6	8	2	2	3	1
	22	3	7	8	4	1	4	9	6	5	3	7	8	4	5	1	1	6	9	5	7	3	8	6	4	8	5	7
	23	2	1	4	5	11	1	6	3	2	1	4	2	1	1	3	6	4	1	2	1	7	2	2	6	4	1	5
	24	1	3	2	3	7	5	1	2	3	7	5	6	3	13	5	7	1	2	6	4	5	1	4	3	1	6	2
	25	5	5	6	7	3	2	4	8	8	6	9	5	7	2	2	9	5	5	3	2	6	9	5	1	5	2	4
	26	6	10	5	8	12	9	11	7	9	12	10	4	14	9	12	5	11	7	8	17	4	5	11	15	14	9	11
	27	11	8	7	9	2	6	8	5	4	2	1	10	2	12	4	2	8	4	11	3	12	10	1	5	9	4	8
	28	7	11	10	12	6	10	2	10	12	4	3	1	10	8	6	11	9	10	12	8	9	11	10	7	11	12	6
	29	8	6	9	2	4	7	5	1	6	9	8	7	13	4	7	3	3	8	4	9	1	7	3	8	6	10	9

Примітка: Градієнтне забарвлення є візуальним способом представлення впливу умов, див примітку Таблиця 2-17.

Таблиця 2-16 Обернені результати опитувань щодо вартості

		Спеціалісти																											Сума балів
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
Чинники	1	16	21	18	17	22	18	20	17	19	17	19	18	18	16	19	18	16	16	12	17	19	17	18	21	20	16	18	483
	2	15	14	13	19	16	17	14	15	20	16	16	13	22	19	14	16	17	14	21	16	22	16	15	14	18	17	16	445
	3	2	1	1	1	2	1	1	1	8	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	6	1	1	1	2	1	2	45
	4	17	16	12	15	14	14	15	14	13	19	15	16	14	20	12	13	14	24	15	14	10	15	12	13	14	13	17	400
	5	7	9	11	8	7	8	9	9	10	12	8	7	8	8	8	12	7	11	7	8	12	7	2	8	7	14	8	232
	6	20	18	27	10	17	19	17	7	16	20	18	19	19	23	20	20	18	17	23	20	16	18	21	17	15	23	9	487
	7	11	13	14	12	8	13	13	11	15	13	12	14	11	12	17	11	13	13	17	15	11	12	13	11	12	6	13	336
	8	1	3	4	4	1	2	2	2	3	2	3	2	2	1	5	2	1	3	2	3	1	2	10	3	1	2	4	71
	9	13	12	10	9	12	11	11	18	2	15	13	12	10	11	11	10	12	9	10	11	13	11	9	18	10	12	15	310
	10	9	8	7	13	11	12	8	10	12	9	10	8	13	13	9	8	10	7	8	7	8	8	7	9	8	7	10	249
	11	10	11	9	16	13	10	12	13	11	10	9	11	12	10	10	9	9	12	13	12	9	10	16	12	13	9	11	302
	12	12	10	15	11	9	9	10	12	9	11	14	9	9	9	13	15	11	10	9	9	14	9	11	10	9	10	12	291
	13	3	2	2	2	3	3	4	3	1	3	2	3	3	3	2	4	3	2	4	2	2	3	3	2	4	3	1	72
	14	14	17	16	20	15	15	18	16	17	14	6	15	21	14	15	14	20	15	14	18	15	27	14	20	17	19	14	440
	15	21	26	19	29	20	27	23	21	29	22	24	21	25	24	21	22	23	19	20	24	20	26	23	19	27	22	20	617
	16	18	15	17	14	21	16	16	19	14	4	17	17	15	15	16	17	15	18	16	19	17	14	17	16	23	15	27	448
	17	5	6	8	7	10	7	6	8	7	8	11	6	7	7	6	7	8	8	11	6	7	6	8	6	11	8	6	201
	18	8	7	5	6	6	5	7	6	6	7	7	10	5	6	7	6	6	5	6	10	5	13	6	5	6	11	5	182
	19	6	5	3	5	4	4	5	5	5	6	5	5	4	5	4	5	5	6	5	5	4	5	5	7	5	4	7	134
	20	4	4	6	3	5	6	3	4	4	5	4	4	6	4	3	3	4	4	3	4	3	4	4	4	3	5	3	109
	21	26	28	29	24	25	22	27	26	23	25	28	27	24	27	22	26	28	27	29	25	28	24	22	28	28	27	29	704
	22	27	23	22	26	29	26	21	24	25	27	23	22	26	25	29	29	24	21	25	23	27	22	24	26	22	25	23	666
	23	28	29	26	25	19	29	24	27	28	29	26	28	29	29	27	24	26	29	28	29	23	28	28	24	26	29	25	722
	24	29	27	28	27	23	25	29	28	27	23	25	24	27	17	25	23	29	28	24	26	25	29	26	27	29	24	28	702
	25	25	25	24	23	27	28	26	22	22	24	21	25	23	28	28	21	25	25	27	28	24	21	25	29	25	28	26	675
	26	24	20	25	22	18	21	19	23	21	18	20	26	16	21	18	25	19	23	22	13	26	25	19	15	16	21	19	555
	27	19	22	23	21	28	24	22	25	26	28	29	20	28	18	26	28	22	26	19	27	18	20	29	25	21	26	22	642
	28	23	19	20	18	24	20	28	20	18	26	27	29	20	22	24	19	21	20	18	22	21	19	20	23	19	18	24	582
	29	22	24	21	28	26	23	25	29	24	21	22	23	17	26	23	27	27	22	26	21	29	23	27	22	24	20	21	643

Примітка: Градієнтне забарвлення є візуальним способом представлення впливу умов, див примітку Таблиця 2-17.

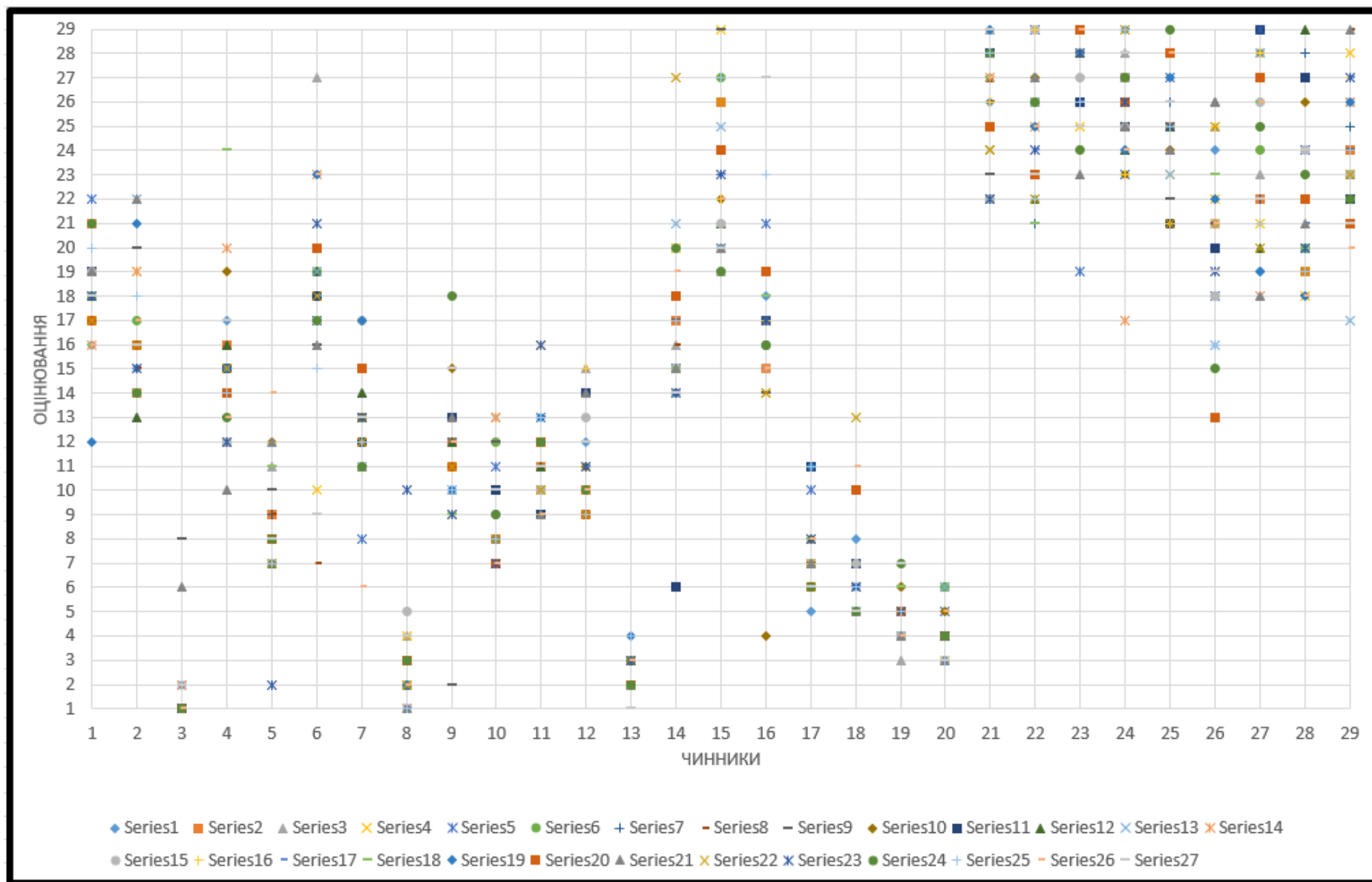


Рисунок 2-4 Діапазон оцінювання спеціалістами чинників вартості згідно результатів дослідження

Значення коефіцієнту конкордації Кендалла щодо вартості становить 0.908 що потрапляє в діапазон результатів $W=0.7-0.99$ та дає високий рівень згоди, а отже спеціалісти майже погоджуються один з одним, розбіжності мінімальні.

Таблиця 2-17 демонструє систематизовані дані вартості щодо відносного та відсоткового впливу різних факторів на виробничі процеси в будівництві. Аналіз цих даних дозволяє визначити найважливіші зони впливу для прийняття управлінських рішень, оптимізації процесів та підвищення загальної результативності виробничої діяльності.

Таблиця 2-17 Відносний та відсотковий вплив факторів вартості на виробничі процеси в будівництві

№	Категорії умов	Відносне значення, п/л	Відсоткове значення, %
Проектно-організаційна підготовка		0.117	11.7
1	Технологічні рішення	0.041	4.1
2	Рівень стандартизації	0.038	3.8
3	Наявність робочої документації	0.004	0.4
4	Інтеграція екологічних стандартів	0.034	3.4
Матеріально-технічне забезпечення		0.096	9.6
5	Постачання будівельних матеріалів	0.020	2.0
6	Технічне оснащення	0.041	4.1
7	Ресурсне планування	0.029	2.9
8	Моніторинг стану	0.006	0.6

	техніки		
Управління людськими ресурсами		0.098	9.8
9	Кваліфікація працівників	0.026	2.6
10	Взаємозамінність кадрів	0.021	2.1
11	Система мотивації	0.026	2.6
12	Ротація кадрів	0.025	2.5
Організація будівельного процесу		0.134	13.4
13	Технологічні карти	0.006	0.6
14	Контроль якості	0.037	3.7
15	Інтеграція цифрових технологій	0.053	5.3
16	Аналіз ризиків	0.038	3.8
Зовнішні фактори впливу		0.053	5.3
17	Кліматичні умови	0.017	1.7
18	Непередбачувані обставини	0.015	1.5
19	Регуляторні зміни	0.011	1.1
20	Соціально-політична стабільність	0.009	0.9
Інновації та впровадження нових технологій		0.238	23.8
21	Впровадження робототехніки	0.060	6.0

22	Залучення дронів	0.057	5.7
23	3D-друк будівельних елементів	0.061	6.1
24	Використання штучного інтелекту	0.060	6.0
BIM-технології (Building Information Modeling)		0.264	26.4
25	Віртуальне моделювання	0.057	5.7
26	Спільна робота у реальному часі	0.047	4.7
27	Автоматизація розрахунків	0.055	5.5
28	Моніторинг та аналіз у реальному часі	0.050	5.0
29	Інтеграція з ERP-системами	0.055	5.5

Примітка: Градієнтне забарвлення є візуальним способом представлення рівня впливу певного критерію або умови, де відтінки кольорів відображають зміну цього впливу. Зокрема, кольори, що наближаються до зеленого спектра, ідентифікують максимальний рівень впливу критерію або умови, тоді як поступове зміщення відтінків у бік червоного кольору свідчить про зменшення цього впливу. Такий підхід дозволяє інтуїтивно оцінити ступінь значущості або вираженості досліджуваного параметра в межах заданої системи або моделі.

У даній роботі представлено інтегровані математичні формули, які дозволяють розрахувати загальну тривалість, трудомісткість та вартість проекту на основі окремих компонентів, що входять до його структури

базуючись на схеми що зображена на *Рисунок 2-5*. Кожна змінна у формулах враховує сукупність критеріїв, які впливають на кінцевий результат, таких як специфічні умови виконання робіт, ресурсні обмеження, технологічні особливості та інші фактори. Це дозволяє не лише отримати більш точні оцінки, але й забезпечує адаптивність розрахунків до різних сценаріїв реалізації проекту. Використання таких формул сприяє ефективному плануванню, контролю та оптимізації використання ресурсів, що є ключовим для успішного завершення проектів у заплановані терміни та в рамках виділеного бюджету.

Загальна математична формула виглядає наступним чином:

$$\sum_{i=1}^n f(x_{(1)}, x_{(2)}, x_{(3)} \dots x_{(n)}) \text{ (дивись Рисунок 2-5)}$$

х характеризує змінні відповідно до дисертаційного дослідження (тривалість T , трудомісткість Q , вартість C):

$$\begin{cases} T_{\text{заг}} = T_1 U + T_2 U + T_3 U + \dots + T_n U \\ Q_{\text{заг}} = Q_1 J + Q_2 J + Q_3 J + \dots + Q_n J \\ C_{\text{заг}} = C_1 I + C_2 I + C_3 I + \dots + C_n I \end{cases}$$

Де, кожна змінна містить в собі відповідні критерії параметрів:

$$\begin{cases} T_1 U = T_1 (U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n) \\ Q_1 J = Q_1 (J_1 + J_2 + J_3 + \dots + J_n) \\ C_1 I = C_1 (I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n) \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_2 U = T_2 (U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n) \\ Q_2 J = Q_2 (J_1 + J_2 + J_3 + \dots + J_n) \\ C_2 I = C_2 (I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n) \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_3 U = T_3 (U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n) \\ Q_3 J = Q_3 (J_1 + J_2 + J_3 + \dots + J_n) \\ C_3 I = C_3 (I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n) \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_n U = T_n (U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n) \\ Q_n J = Q_n (J_1 + J_2 + J_3 + \dots + J_n) \\ C_n I = C_n (I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n) \end{cases}$$

Наприклад, змінна T_1U враховує не лише базову тривалість виконання певного етапу проекту T_1 , але й суму всіх критеріїв $U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$, які можуть впливати на цю тривалість. Це ті фактори, що описані вище в роботі, доступність ресурсів, технічні складнощі, організаційні аспекти тощо. Аналогічно, змінна Q_1J включає базову трудомісткість Q_1 та суму критеріїв $J_1 + J_2 + J_3 + \dots + J_n$, що враховують, кваліфікацію персоналу, складність технологічних процесів або інші змінні, які можуть вплинути на обсяг витрат праці. Вартісні параметри C_1I також розраховуються з урахуванням базової вартості C_1 та суми критеріїв $I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$, які можуть включати вартість матеріалів, обладнання, транспортування тощо. Такий підхід забезпечує гнучкість у розрахунках і дозволяє враховувати широкий спектр змінних, що робить оцінку більш реалістичною та відповідною до умов конкретного проекту.

Інтегрований підхід у дослідженні передбачає комплексне об'єднання організаційних, технологічних, ресурсних та економічних аспектів діяльності будівельної організації з метою створення єдиної моделі, що забезпечує ефективне планування, управління та оптимізацію процесів. Цей підхід включає аналіз та оптимізацію організаційної структури, розробку технологічних моделей, що враховують сучасні методи будівництва, оптимізацію використання трудових, матеріальних і фінансових ресурсів, а також інтеграцію організаційних і технологічних компонентів у єдину систему управління. Використання математичних моделей, інформаційних технологій та інноваційних рішень дозволяє підвищити продуктивність, знизити витрати та забезпечити оперативне реагування на зміни умов виконання проектів. Економічний аналіз та оцінка ефективності інтегрованих моделей дозволяють визначити оптимальні параметри діяльності будівельної організації, що робить цей підхід ключовим інструментом для досягнення конкурентоспроможності та успішної реалізації будівельних проектів у сучасних ринкових умовах [101].

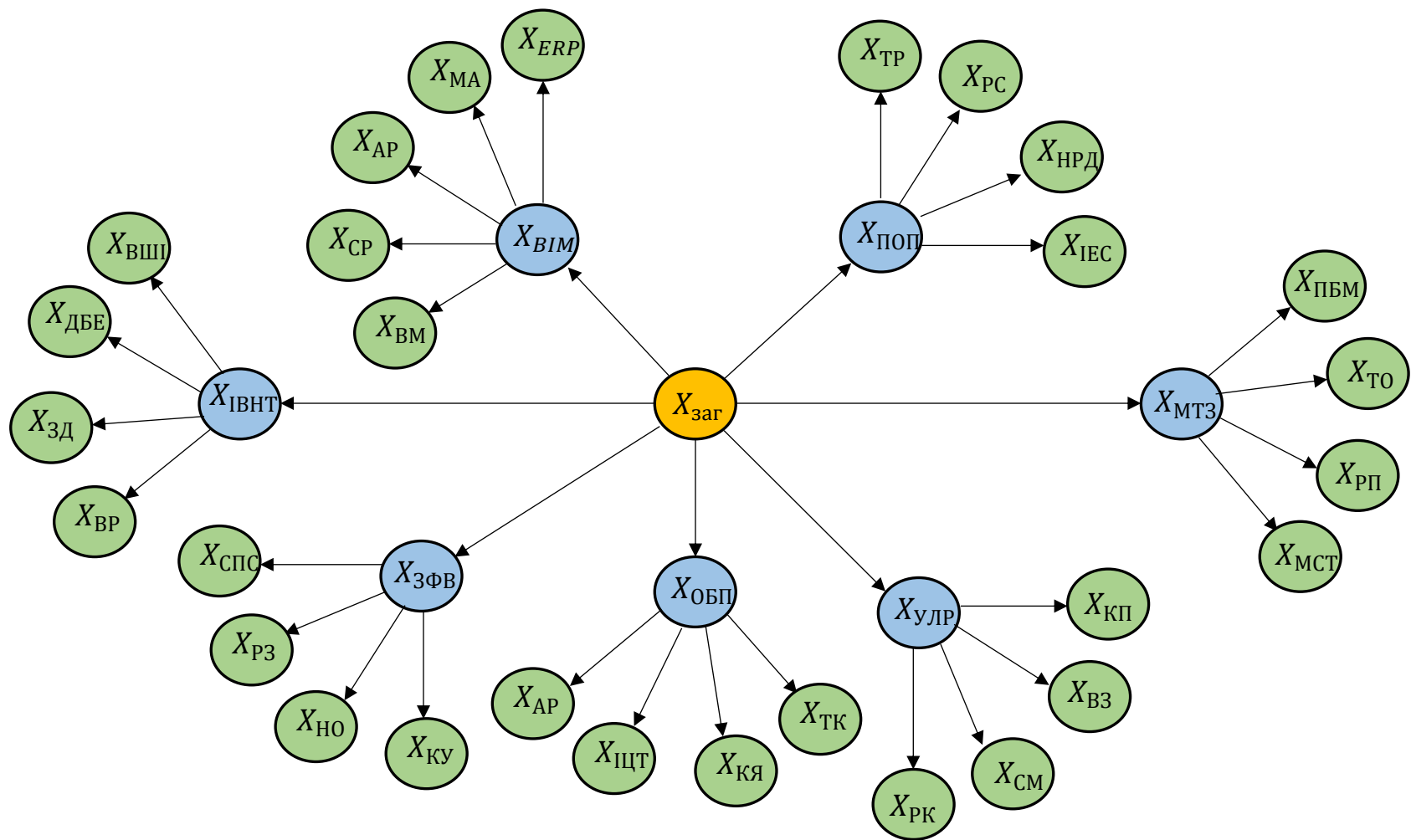


Рисунок 2-5 Схема інтегрованого організаційно-технологічного моделювання

ВИСНОВКИ ДО ДРУГОГО РОЗДІЛУ

1. У межах другого розділу здійснено комплексний аналіз чинників, які визначають ефективність діяльності будівельних організацій, з акцентом на специфіку їх організації, взаємодію та програму діяльності будівельної організації. Дослідження дозволило виокремити ключові аспекти, що впливають на продуктивність будівельного процесу, зокрема роль планово-організаційної підготовки (у тому числі проєктування та коригування робочої документації), систему матеріально-технічного забезпечення (вчасне постачання ресурсів, моніторинг стану техніки), управління людськими ресурсами (рівень кваліфікації та мотивації персоналу), а також впровадження цифрових технологій та інновацій (BIM, робототехніка, 3D-друк) для оптимізації робочих процесів і підвищення загальної ефективності будівництва.
2. Проведений аналіз створює основу для розробки рекомендацій щодо вдосконалення процесів управління та планування в будівельних організаціях. Використання запропонованих інструментів і підходів сприятиме підвищенню конкурентоспроможності, ефективності та стійкості організацій у динамічному середовищі будівельної галузі.
3. Одним із ключових висновків цього дослідження є розуміння мультифакторного впливу зовнішніх чинників на тривалість будівельних робіт, зокрема кліматичних (сезонність, екстремальні погодні явища), непередбачуваних (природні катастрофи, пандемії), регуляторних (оновлення будівельних норм, зміни дозвільних процедур) і соціально-політичних (рівень стабільності, інвестиційна привабливість), що вимагає системного підходу до їх аналізу та прогнозування, передбачає гнучке планування, розробку планів реагування на ризики, коригування проєктної документації відповідно до регуляторних змін, а також моніторинг соціально-політичного середовища, аби мінімізувати затримки та фінансові втрати й

- забезпечити ефективну реалізацію будівельних проєктів.
4. Аналіз критеріїв, що впливають на тривалість виробничих процесів у будівництві, свідчить про різноманіття умов, які визначають ефективність проєктів. Слід відокремити вагомий вплив зовнішніх факторів, серед яких ключову роль відіграють кліматичні умови, непередбачувані обставини, регуляторні зміни та соціально-політична стабільність. Важливе місце посідають інновації та впровадження нових технологій, особливо використання штучного інтелекту, 3D-друку та дронів для моніторингу. BIM-технології забезпечують ефективне віртуальне моделювання, автоматизацію розрахунків та інтеграцію з ERP-системами та ІІІ. Серед проєктно-організаційних факторів значний вплив мають технологічні рішення та інтеграція екологічних стандартів.
 5. За рівнем трудомісткості встановлено, що найвищий вплив на трудомісткість будівельних процесів мають постачання будівельних матеріалів, ресурсне планування та кваліфікація працівників, оскільки вони визначають безперервність, ефективність і якість виконання робіт. Зокрема, затримки у постачанні матеріалів можуть спричинити простой, що негативно впливає на дотримання термінів виконання проєкту. Ефективне ресурсне планування забезпечує оптимальний розподіл матеріалів, техніки та людських ресурсів, що дозволяє знижувати втрати часу та підвищувати продуктивність праці. Водночас, рівень кваліфікації працівників безпосередньо впливає на якість виконання завдань, швидкість їх реалізації та обсяги виправлень, необхідних у разі помилок. Усі ці фактори взаємопов'язані та потребують комплексного підходу до їх оптимізації для забезпечення мінімізації трудовитрат та підвищення загальної ефективності будівельних процесів.
 6. Вплив чинників на рівень вартості будівельних процесів встановив, що найбільший фінансовий тиск створюють впровадження високотехнологічних рішень, таких як 3D-друк будівельних елементів, робототехніка, штучний інтелект та віртуальне моделювання, через

високу вартість обладнання, ліцензійного програмного забезпечення та спеціалізованого навчання. Окрім початкових витрат на придбання і впровадження таких технологій, значними є також витрати на адаптацію існуючих будівельних процесів до нових методів, підтримку та модернізацію обладнання, а також забезпечення безперервної кваліфікації персоналу. Впровадження цих рішень вимагає значного початкового інвестування, яке може бути виправдане лише за умов довгострокового планування та великих обсягів будівництва, що дозволяє окупити інновації через підвищення продуктивності, точності виконання робіт і зменшення помилок.

7. У розділі відображено важливість сучасних підходів до планування і контролю виконання робіт. Використання технологічних карт, цифрових інструментів, таких як Building Information Modeling (BIM), та інноваційних технологій, зокрема робототехніки, дронів і 3D-друку, дозволяє значно скоротити витрати часу, підвищити точність і забезпечити прозорість процесів. Важливо зазначити, що BIM-технології, згідно з дослідженням, забезпечують найбільший внесок у підвищення ефективності управління будівельними проєктами завдяки інтеграції даних і покращенню комунікації між учасниками.
8. Дослідження підтвердило доцільність використання методів критеріального аналізу та інтегрованого організаційно-технологічного моделювання (ІОТМ) для кількісної оцінки впливу різних змінних на виробничі показники. Інтеграція таких підходів у практику дозволяє не лише визначити ключові зони впливу, але й обґрунтувати ефективність стратегій з оптимізації ресурсів та зниження витрат. Запропоновано використовувати коефіцієнт конкордації Кендалла як інструмент для валідації експертних оцінок і підвищення достовірності результатів.

РОЗДІЛ 3. АНАЛІТИЧНЕ ПІДГРУНТЯ ТА ПРИКЛАДНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОГРАМИ РОБІТ БУДІВЕЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ

3.1. Аналітичний базис моделювання та оптимізації програми робіт будівельної організації на ґрунті модернізованої критеріально- параметричної системи

Аналітичний базис моделювання та оптимізації програми робіт будівельної організації, побудований на основі модернізованої критеріально-параметричної системи, являє собою потужний інструмент для забезпечення ефективного планування та управління виробничими процесами. В основі цієї системи лежить інтеграція критеріальних та параметричних показників, що дають змогу не лише оцінити досягнуті результати діяльності будівельної організації, а й здійснити їх прогнозування в умовах змінюваного ринкового середовища. Критеріально-параметрична система включає широкий спектр факторів, що впливають на ефективність виконання будівельних робіт, таких як використання ресурсів, часове обмеження, витрати, ризики та якість виконання. Модернізація цієї системи передбачає введення нових змінних, що враховують сучасні технологічні тенденції, економічні умови та організаційні вимоги, що дозволяє здійснити більш точне моделювання реальних процесів. За допомогою таких підходів можна не лише оцінити ефективність окремих етапів виробничої програми, а й оптимізувати загальну стратегію діяльності організації, зокрема через коригування розподілу ресурсів, гнучке управління термінами виконання робіт та врахування можливих змін у зовнішньому середовищі. Аналітичний базис, сформований на основі цієї системи, забезпечує науково обґрунтовану основу для розробки оптимізаційних моделей, що дозволяють досягти максимальних результатів за мінімальних витрат, покращити використання наявних ресурсів та підвищити конкурентоспроможність будівельної організації. Такий підхід дозволяє

інтегрувати не лише технологічні й організаційні аспекти, а й здійснити їх оптимізацію на основі комплексного аналізу, що є необхідною умовою для успішного функціонування та розвитку будівельного підприємства в умовах сучасного ринку.

Результати аналізу, наведені у Розділі 1, підтверджують, що процес планування у сфері будівництва є надзвичайно важливим та визначальним фактором у досягненні ключових стратегічних цілей. Зокрема, ефективне планування дозволяє оптимізувати витрати, забезпечуючи раціональний розподіл фінансових ресурсів, мінімізуючи ризики перевитрат і уникнення непередбачених додаткових витрат. Крім того, чітке планування сприяє значному скороченню термінів виконання будівельних робіт завдяки узгодженню всіх етапів виробничого процесу, запобіганню простоїв і вдосконаленню координації між підрядниками, постачальниками та іншими учасниками будівельного процесу. Одночасно грамотний підхід до планування дозволяє здійснювати раціональне використання трудових ресурсів, ефективно розподіляючи навантаження між фахівцями, що сприяє підвищенню продуктивності праці та зменшенню рівня зайвих витрат робочого часу.

Разом із цим, дослідження комплексу чинників, що впливають на рівень продуктивності будівельних процесів, результати якого розглянуто у Розділі 2, підтвердило, що досягнення стабільної ефективності можливе лише за умови комплексного врахування як внутрішніх, так і зовнішніх аспектів діяльності. До внутрішніх чинників, що визначають продуктивність, належать організаційні аспекти управління проектами, кадрова політика, рівень кваліфікації працівників, а також наявність та ефективність використання матеріально-технічних ресурсів. Водночас зовнішні чинники, такі як ринкові умови, правове регулювання будівельної галузі, соціально-економічні обставини, макроекономічна стабільність та доступність фінансування, відіграють не менш важливу роль у забезпеченні сталого розвитку та конкурентоспроможності будівельних підприємств. Саме всебічний підхід до

аналізу та управління цими факторами дозволить гарантувати високий рівень ефективності у будівельній сфері, забезпечуючи її стабільний розвиток та економічну доцільність реалізації будівельних проєктів.

Результати проведеного дослідження дозволяють наочно продемонструвати вплив основних факторів на ключові аспекти реалізації будівельних проєктів за допомогою стовпчастих діаграм, що відображають взаємозв'язок між тривалістю, трудомісткістю та загальною вартістю робіт. Візуалізацію отриманих даних представлено на графічних матеріалах (*Рисунок 3-1, Рисунок 3-4, Рисунок 3-7*), які дають змогу оцінити відсотковий розподіл впливу різних чинників на успішність реалізації будівельних проєктів. Ці діаграми не лише узагальнюють результати дослідження, а й ілюструють, які аспекти мають найвагоміший вплив на будівельний процес та можуть визначати його ефективність. Зокрема, вони демонструють, як різні чинники впливають на тривалість виконання робіт, трудомісткість робіт чи вартість робіт допомагаючи виявити критичні вузли, що можуть спричинити затримки та перевитрати ресурсів чи коштів. Кожен "шар" представлених діаграм відповідає окремій категорії умов будівництва, починаючи від етапу проєктно-організаційної підготовки, планування графіків виконання робіт та забезпечення необхідними матеріалами й обладнанням, до рівня впровадження сучасних технологічних рішень, цифровізації процесів та використання інноваційних підходів. Наведені графічні матеріали слугують не лише засобом візуалізації результатів аналізу, а й є важливим інструментом для подальшої оптимізації процесів у будівництві. Їхній зміст дає змогу керівникам і проєктувальникам приймати обґрунтовані рішення щодо підвищення ефективності будівельних проєктів, раціонального використання трудових, матеріальних та фінансових ресурсів, а також впровадження інноваційних підходів для покращення загальної продуктивності галузі.

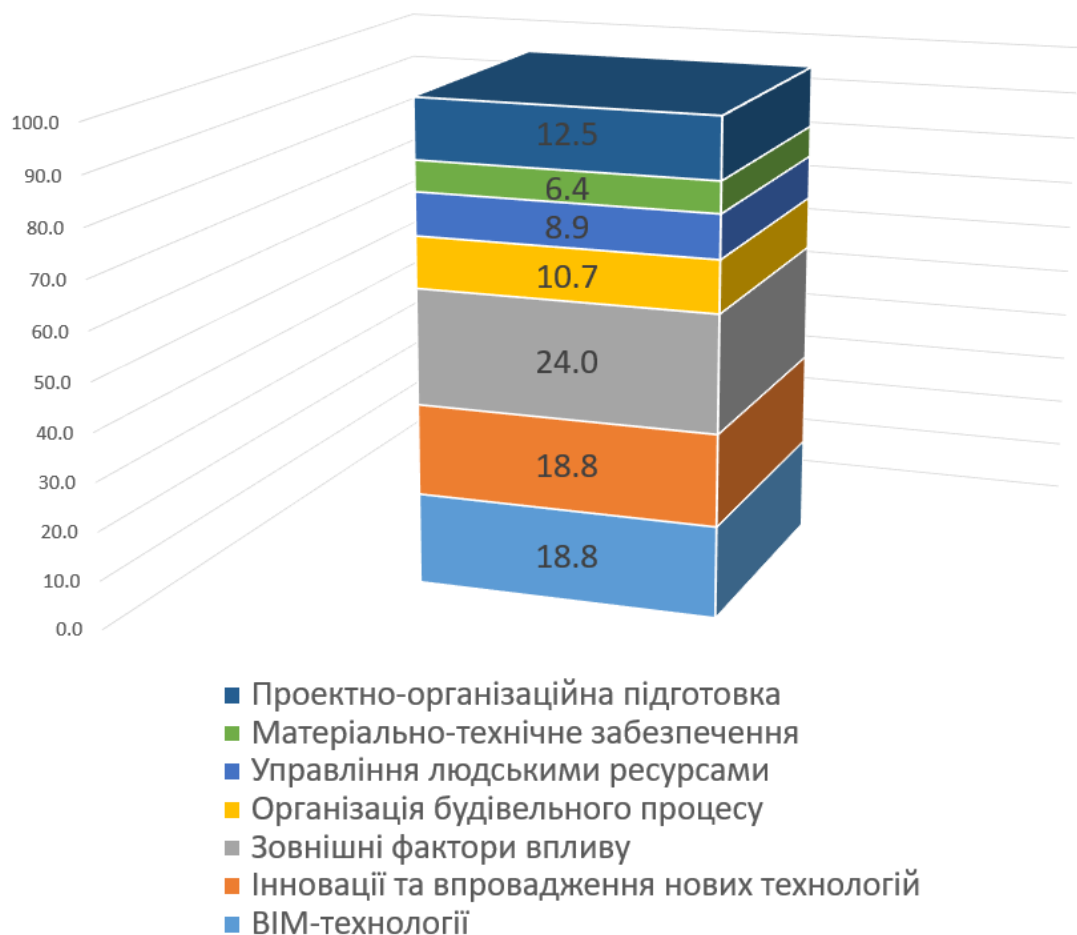


Рисунок 3-1 Вплив ключових чинників тривалості на успішну реалізацію будівельного проекту

Рисунок 3-2 та Рисунок 3-3 представляє деталізований аналіз вагового впливу окремих параметрів, що формують відповідний чинник, який, у свою чергу, впливає на загальну *тривалість* виконання будівельних робіт. Зазначені графічні матеріали дозволяють візуально оцінити рівень значущості кожного з параметрів у межах певного чинника, а також зробити висновки щодо пріоритетності їх урахування під час планування та оптимізації виробничих процесів. Такий підхід сприяє глибшому розумінню механізмів формування тривалості будівельного процесу та дозволяє обґрунтувати напрями подальшого вдосконалення організаційно-технологічних рішень.

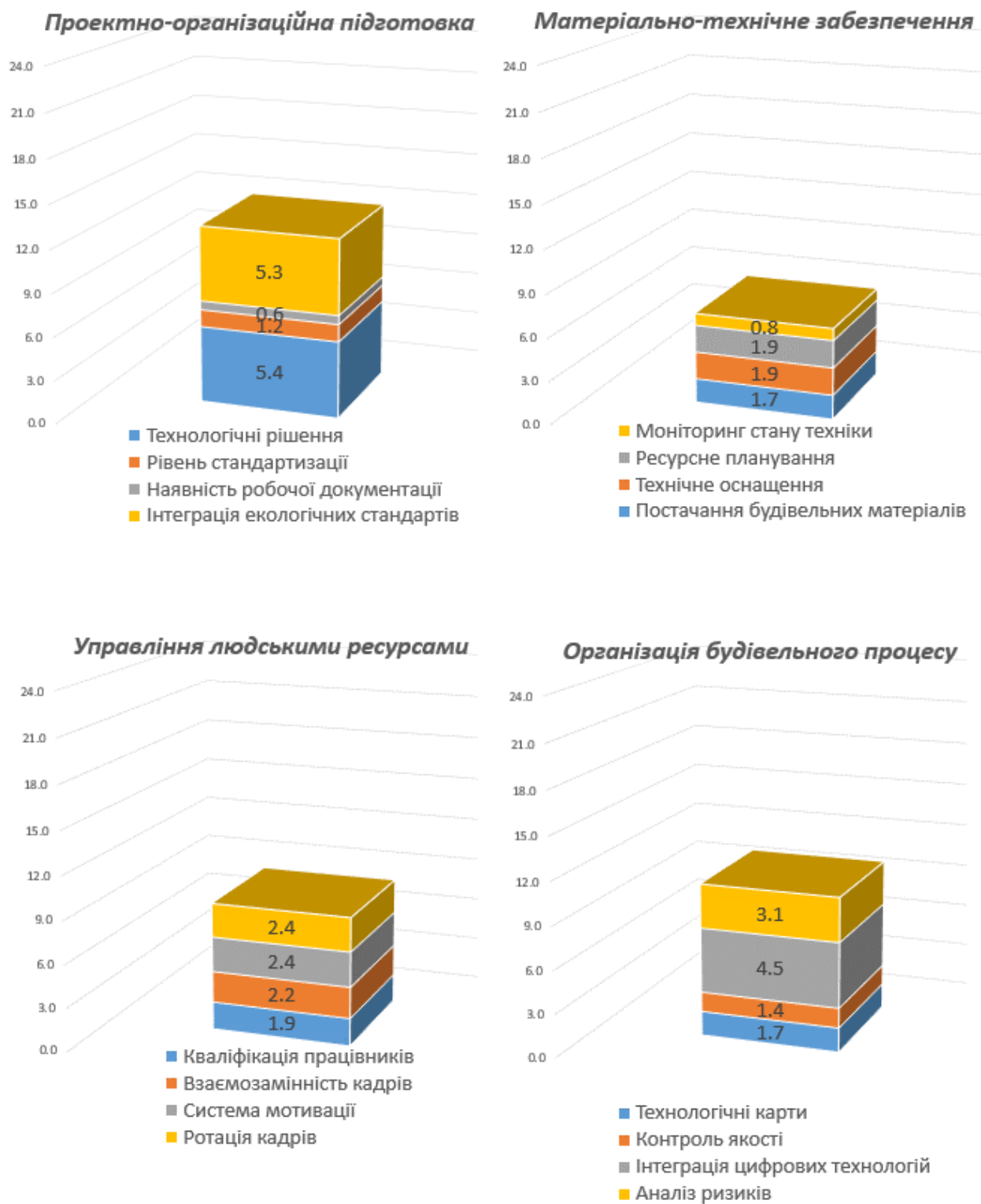
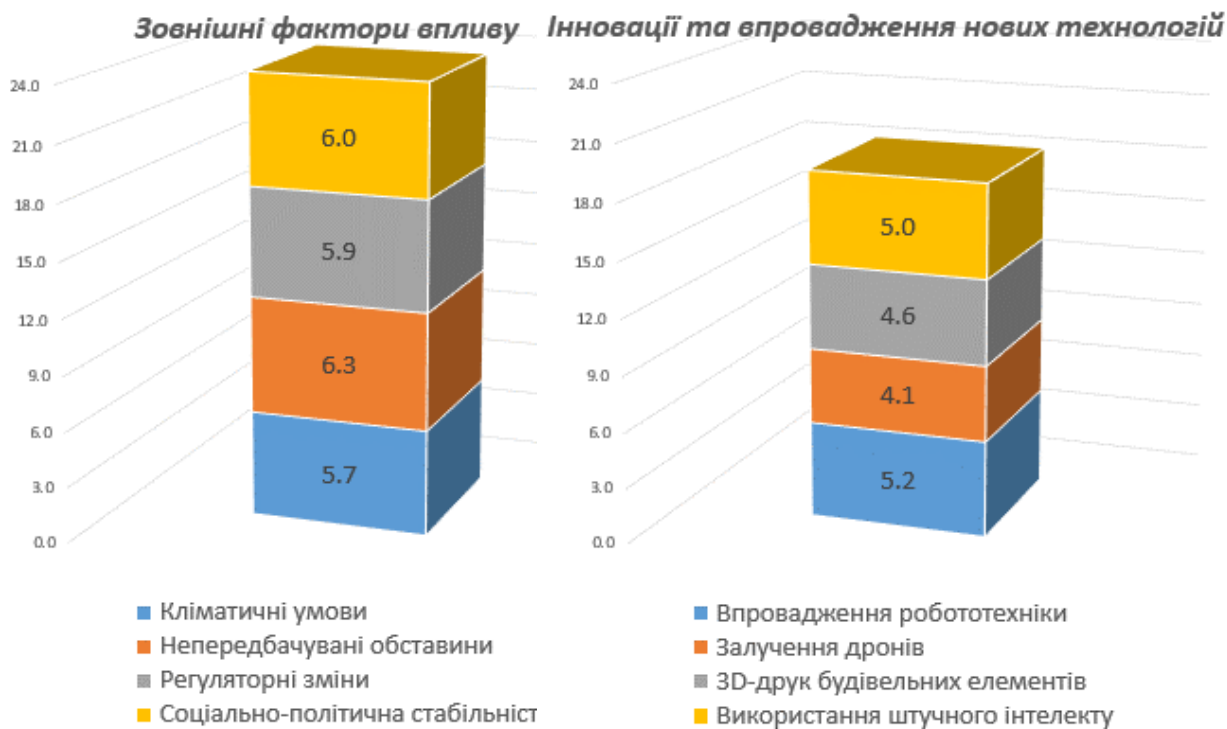


Рисунок 3-2 Графічне представлення параметрів відповідних чинників щодо тривалості



BIM-технології (Building Information Modeling)

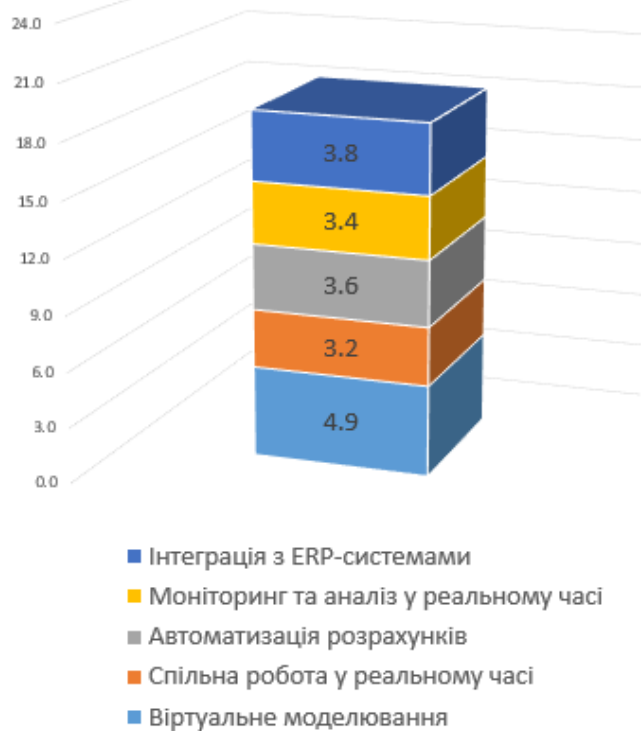


Рисунок 3-3 Графічне представлення параметрів відповідних чинників щодо тривалості (продовження)

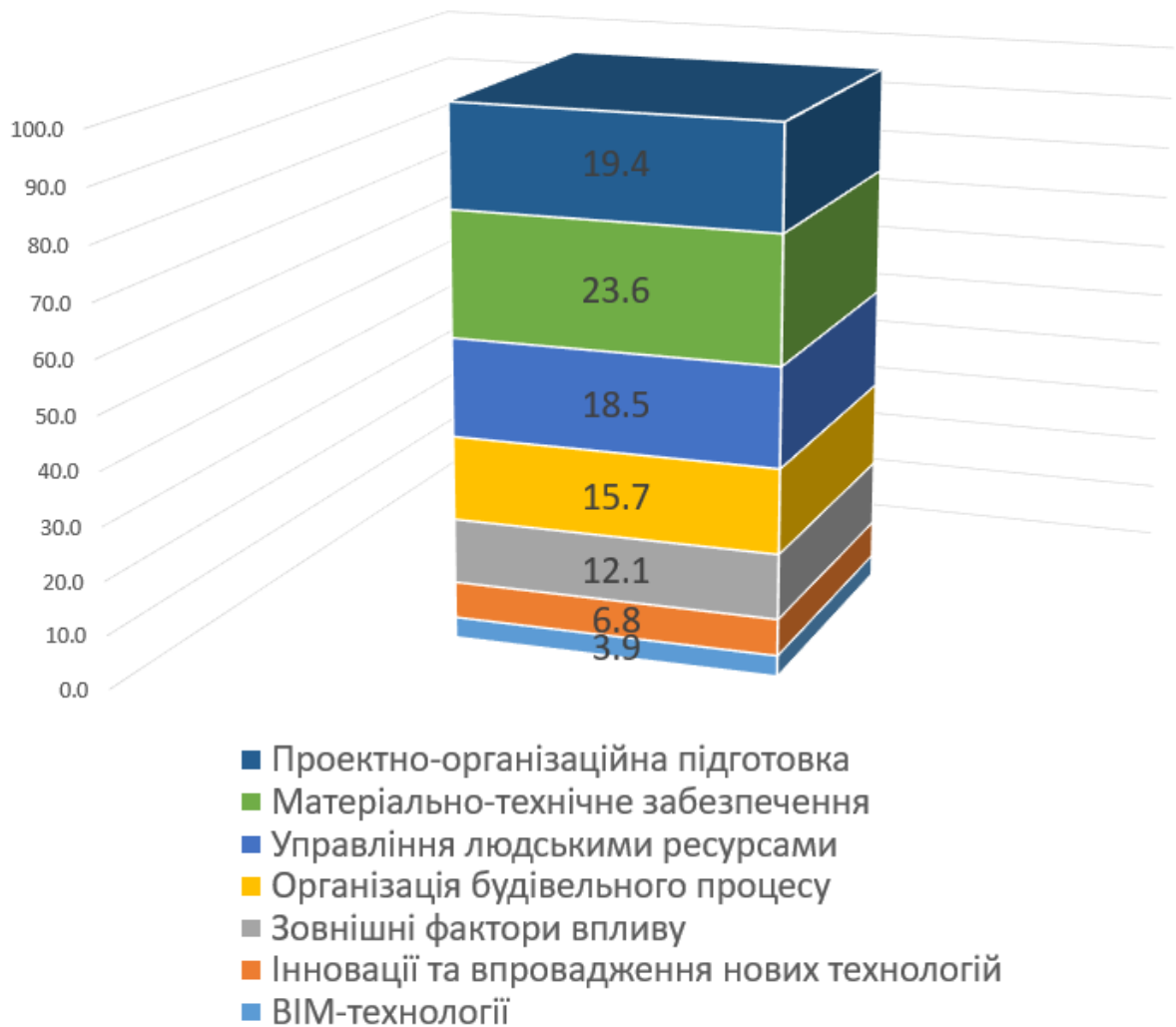


Рисунок 3-4 Вплив ключових чинників трудомісткості на успішну реалізацію будівельного проекту

Рисунок 3-5 та Рисунок 3-6 представляє деталізований аналіз вагового впливу окремих параметрів, що формують відповідний чинник, який, у свою чергу, впливає на загальну *трудомісткість* виконання будівельних робіт. Зазначені графічні матеріали дозволяють візуально оцінити рівень значущості кожного з параметрів у межах певного чинника, а також зробити висновки щодо пріоритетності їх урахування під час планування та оптимізації виробничих процесів. Такий підхід сприяє глибшому розумінню механізмів формування тривалості будівельного процесу та дозволяє обґрунтувати напрями подальшого вдосконалення організаційно-технологічних рішень.

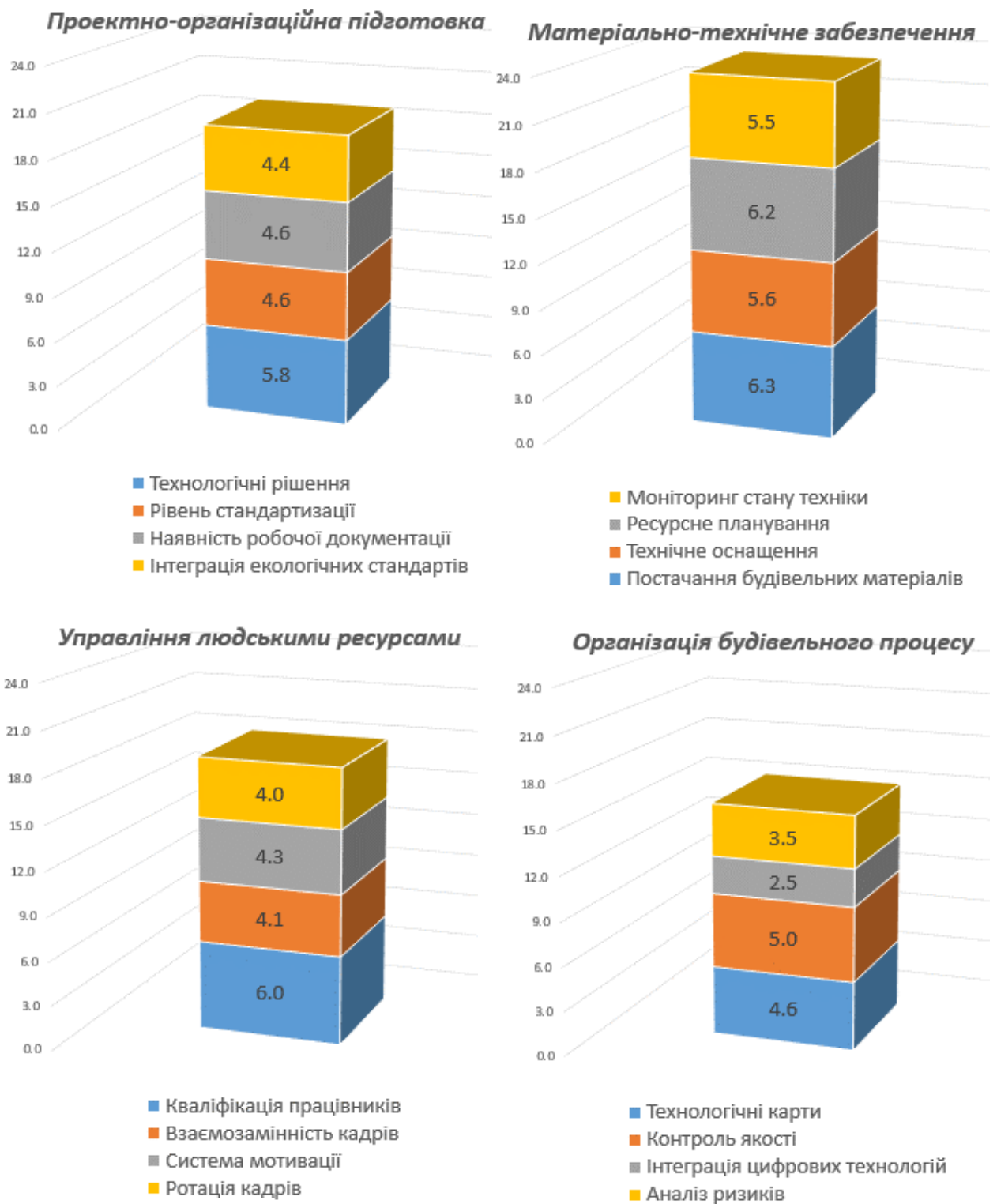


Рисунок 3-5 Графічне представлення параметрів відповідних чинників щодо трудомісткості

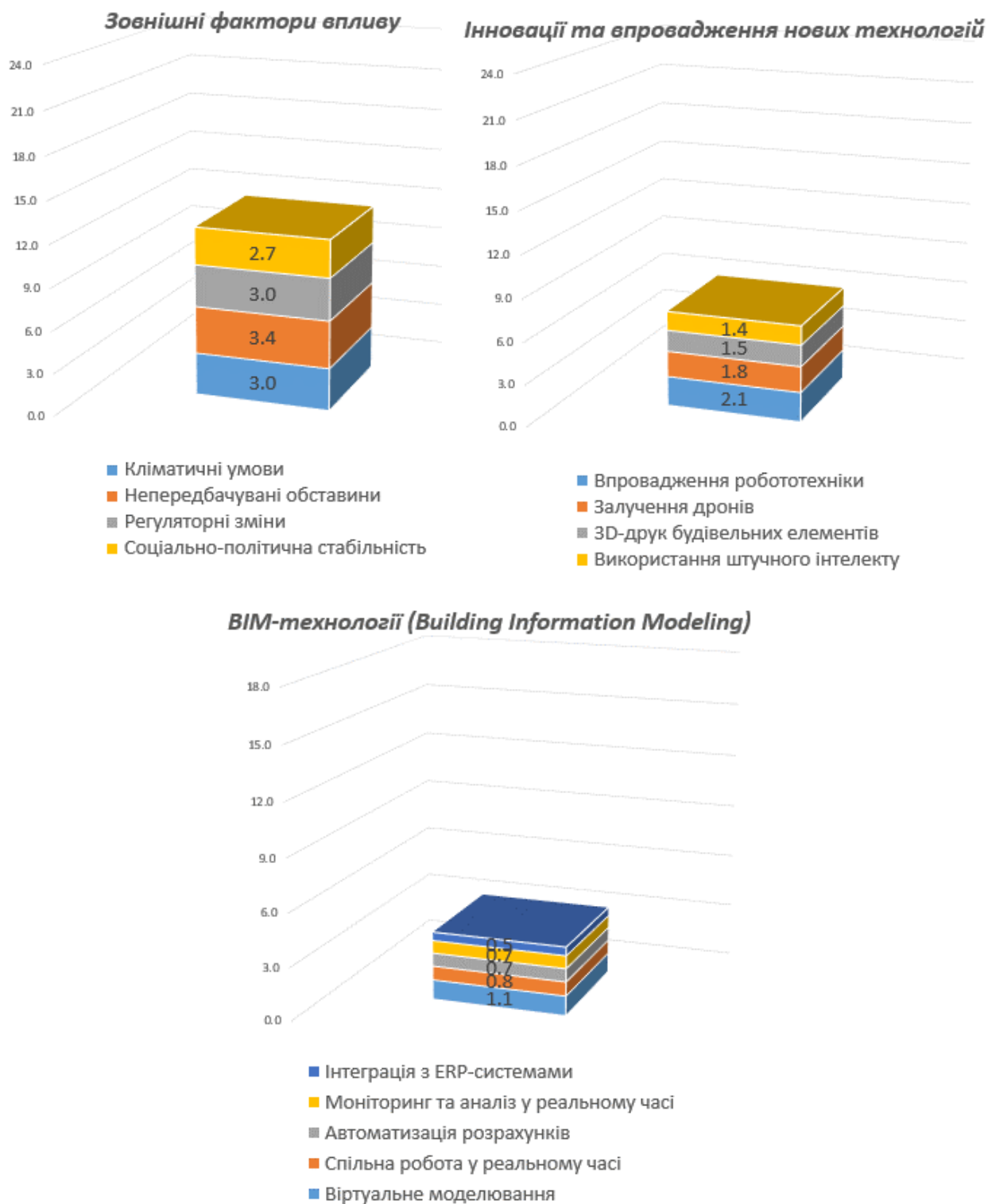


Рисунок 3-6 Графічне представлення параметрів відповідних чинників щодо трудомісткості (продовження)

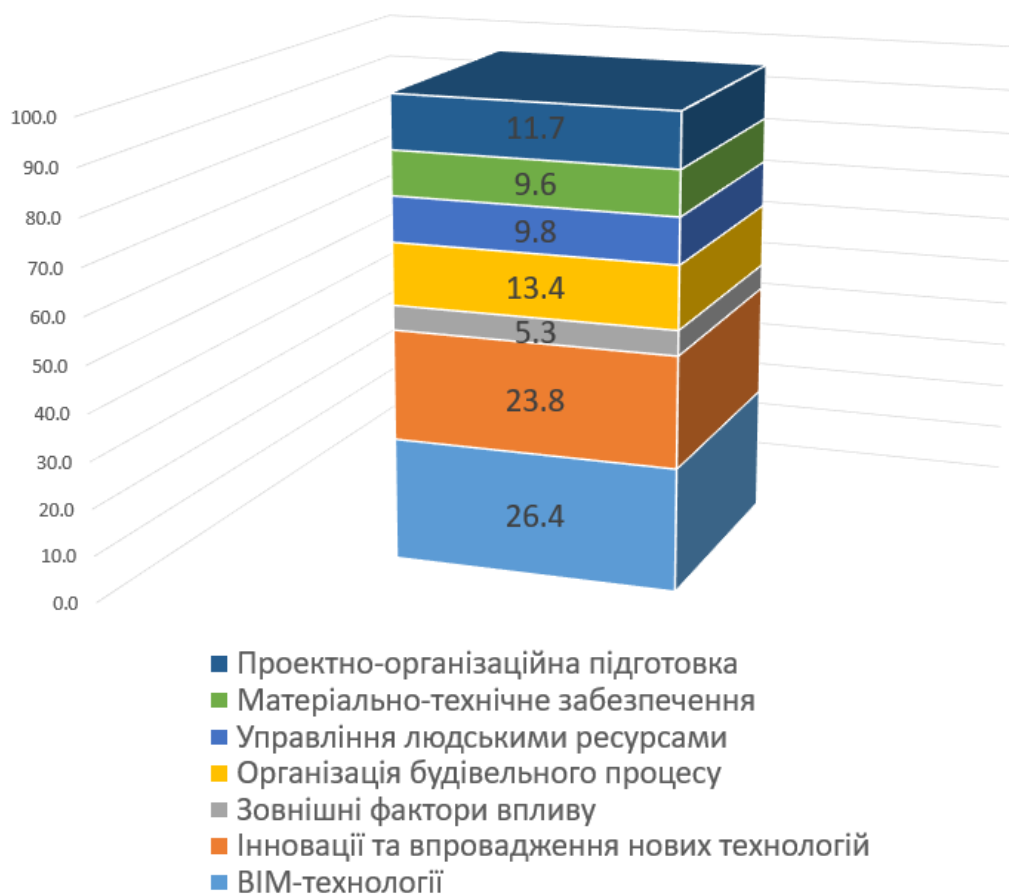


Рисунок 3-7 Вплив ключових чинників вартості на успішну реалізацію будівельного проекту

Рисунок 3-8 та Рисунок 3-9 представляє деталізований аналіз вагового впливу окремих параметрів, що формують відповідний чинник, який, у свою чергу, впливає на загальну *вартість* виконання будівельних робіт. Зазначені графічні матеріали дозволяють візуально оцінити рівень значущості кожного з параметрів у межах певного чинника, а також зробити висновки щодо пріоритетності їх урахування під час планування та оптимізації виробничих процесів. Такий підхід сприяє глибшому розумінню механізмів формування тривалості будівельного процесу та дозволяє обґрунтувати напрями подальшого вдосконалення організаційно-технологічних рішень.

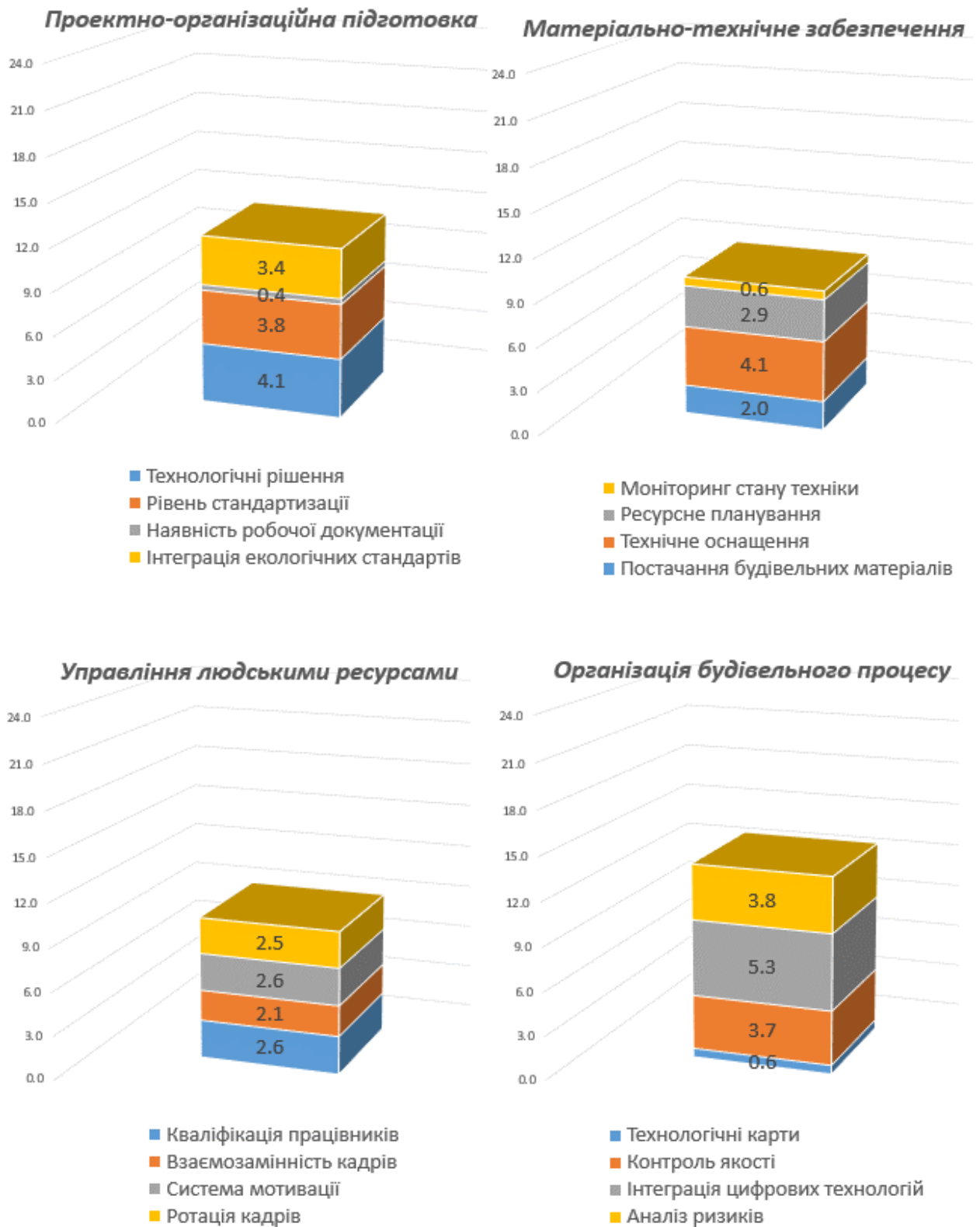


Рисунок 3-8 Графічне представлення параметрів відповідних чинників щодо вартості

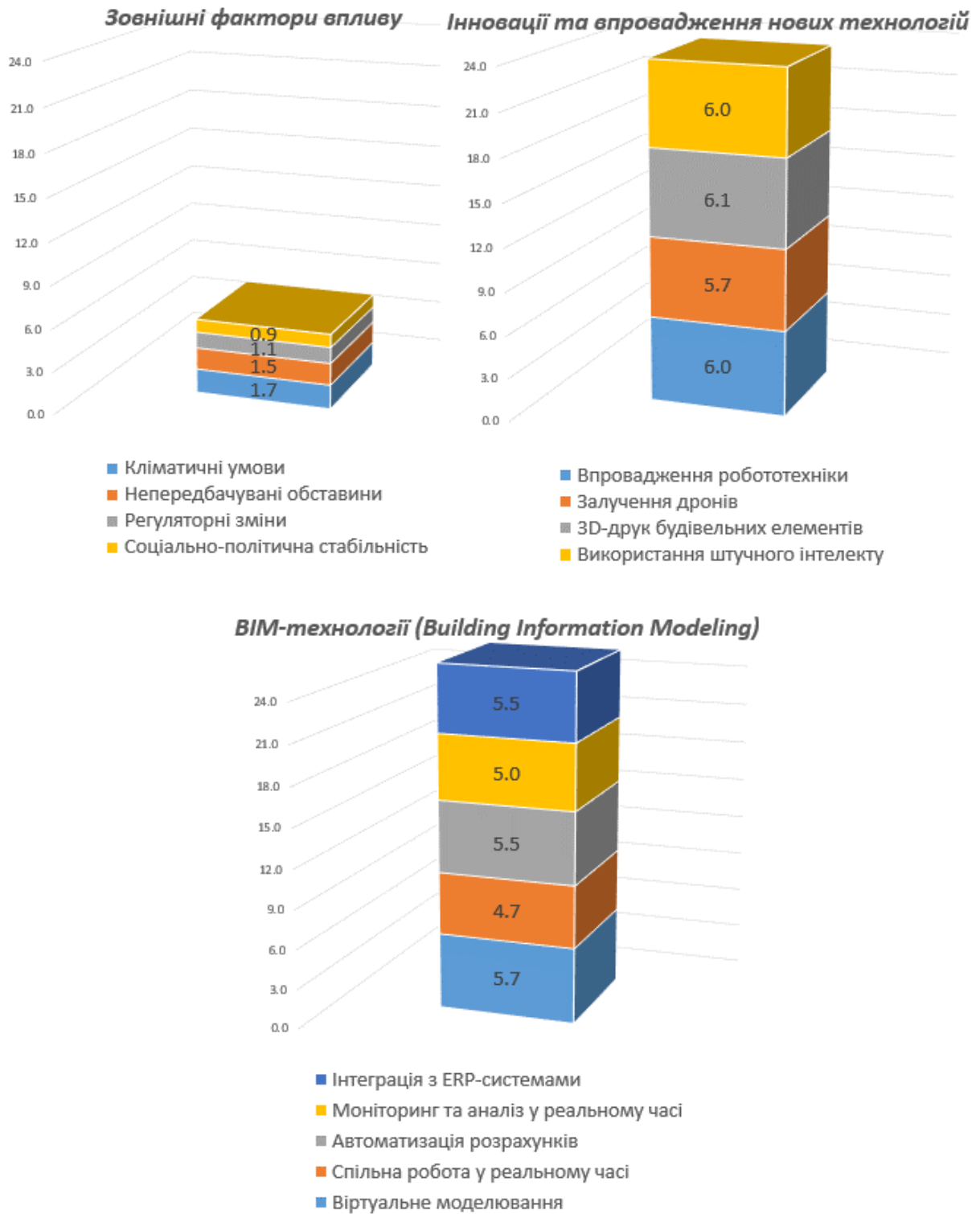


Рисунок 3-9 Графічне представлення параметрів відповідних чинників щодо вартості (продовження)

Згідно з результатами проведеного дослідження, сформована *Таблиця 3-1*, яка представляє впорядкований перелік чинників за рівнем їхнього впливу на тривалість будівництва. У цій таблиці чинники ранжовані за ступенем значущості: перше місце займає той чинник, що відіграє ключову роль у визначенні загального терміну виконання будівельних робіт, тоді як останнє, 29-те місце, належить фактору, який має найменший вплив на часові параметри реалізації проєкту. Аналіз представлених у таблиці даних дозволяє зробити висновок, що найбільш критичні чинники, розташовані у верхній частині списку, безпосередньо визначають загальну тривалість будівництва та можуть істотно впливати на строки виконання проєкту. До таких факторів належать непередбачувані обставини, соціально-політична стабільність, регуляторні зміни, кліматичні умови та технологічні рішення. Непередбачувані обставини, такі як економічні кризи, форс-мажорні ситуації або раптові зміни у структурі ринку, можуть суттєво змінювати початкові плани будівництва, змушуючи переглядати графіки виконання робіт, а в деяких випадках — навіть припиняти будівельні процеси. Соціально-політична стабільність також відіграє значну роль, оскільки законодавчі ініціативи, зміни у державній політиці або соціальні конфлікти можуть спричиняти невизначеність та впливати на доступність ресурсів, кадрове забезпечення або інвестиційну привабливість проєкту. Регуляторні зміни є ще одним важливим чинником, оскільки оновлення будівельних норм, змінення дозвільних процедур або введення нових вимог щодо екологічних стандартів можуть сповільнювати процеси узгодження та отримання необхідних документів, що безпосередньо впливає на тривалість реалізації проєкту. Крім того, кліматичні умови можуть суттєво змінювати графіки робіт, особливо в регіонах із суворими зимовими умовами або високою вологістю, що ускладнює виконання певних будівельних операцій, таких як бетонування або фасадні роботи. Також значну роль відіграють технологічні рішення, що застосовуються під час будівництва. Використання застарілих технологій або відсутність механізмів автоматизації можуть спричиняти затримки через

низьку продуктивність робочих процесів та значне навантаження на людські ресурси.

З іншого боку, у нижній частині таблиці знаходяться менш значущі чинники, які, хоча й можуть впливати на тривалість будівництва, мають опосередкований або локальний характер. До таких чинників належать наявність робочої документації, моніторинг стану техніки, рівень стандартизації та контроль якості. Наявність робочої документації є важливим аспектом у будівельному процесі, проте вона впливає на тривалість робіт переважно в адміністративному аспекті. Якщо документація підготовлена заздалегідь та відповідає вимогам, її вплив на строки будівництва буде мінімальним. Моніторинг стану техніки дозволяє уникати простоїв через поломки, однак своєчасне технічне обслуговування обладнання є стандартною практикою, що не впливає критично на загальні терміни будівництва. Рівень стандартизації сприяє оптимізації процесів і зменшенню ймовірності помилок, але його вплив на тривалість будівництва є непрямим. Наприклад, чітко розроблені нормативи можуть покращити якість виконання робіт, однак вони не завжди є вирішальним фактором у дотриманні строків проєкту. Так само контроль якості є важливим етапом у будівельному процесі, проте зазвичай він інтегрований у стандартний виробничий цикл і не спричиняє значних затримок у разі належної організації робіт.

Ранжування чинників які демонструє *Таблиця 3-1* дає змогу зробити обґрунтовані висновки щодо того, на які аспекти слід звертати першочергову увагу для забезпечення своєчасного завершення будівельних робіт. Завдяки такому підходу можна визначити найбільш проблемні місця у процесі будівництва та розробити ефективні заходи щодо їхнього усунення, що сприятиме підвищенню загальної продуктивності, скороченню термінів реалізації проєкту та мінімізації можливих затримок. Варто зауважити що деякі умови можуть мати змінний або локальний характер, зокрема погодні умови, особливості регіонального ринку праці або другорядні адміністративні процедури, що потрібно також враховувати в потенційному формуванні плану

будівельних робіт.

Таблиця 3-1 Упорядкування чинників згідно оцінювання за рівнем тривалості

Ранг	Критерій (№ зі списку)	Коротке обґрунтування (чому така позиція)
1	Непередбачувані обставини (18)	Будь-які форс-мажори (катастрофи, війни, фінансові кризи, локальні аварії тощо) можуть суттєво та раптово зупинити роботу, що продовжує будівництво до невизначеного строку.
2	Соціально-політична стабільність (20)	Нестабільна політична ситуація, зміни влади, конфлікти/протести можуть зупиняти будівництво, ускладнювати логістику та блокувати фінансування проєкту.
3	Регуляторні зміни (19)	Неочікувані зміни будівельних норм, стандартів чи законодавства здатні змусити переробляти проєкти, отримувати додаткові дозволи, що збільшує час виконання робіт.
4	Кліматичні умови (17)	Екстремальна погода (зливи, морози, урагани тощо) може затримувати бетонні роботи, оздоблення фасадів, монтаж конструкцій або унеможлиблювати роботу техніки на майданчику.
5	Технологічні рішення (1)	Унікальні або складні інженерні рішення вимагають додаткових погоджень, проєктних доробок та проведення досліджень; це продовжує загальний цикл реалізації.

6	Інтеграція екологічних стандартів (4)	«Зелені» вимоги (LEED, BREEAM тощо) часто потребують додаткових розрахунків, підбору специфічних матеріалів, енергоефективних технологій, що збільшує строки та витрати.
7	Впровадження робототехніки (21)	Роботизовані комплекси (для мурування, складання конструкцій, фарбування тощо) вимагають серйозних інвестицій, адаптації процесів і навчання персоналу, що забирає час.
8	Використання штучного інтелекту (24)	AI-системи для прогнозування, контролю, оптимізації логістики чи розподілу ресурсів спочатку потребують налаштування алгоритмів і «навчання» моделей, що може затримувати.
9	Віртуальне моделювання (25)	BIM, 3D/4D планування, цифрові двійники збільшують ефективність, проте початкове опрацювання вимагає детальних прорахунків і високої кваліфікації команди, що займає час.
10	3D-друк будівельних елементів (23)	Хоча 3D-друк окремих конструкцій прискорює окремі етапи, перехід на цю технологію потребує специфічних проєктних рішень, сертифікації та налаштування обладнання.
11	Інтеграція цифрових технологій (15)	Запровадження хмарних платформ, електронного документообігу, датчиків моніторингу, аналітики тощо спочатку «з'їдає» час на встановлення та навчання.

12	Залучення дронів (22)	Безпілотники для контролю майданчика й відеоаналітики відносно швидко впроваджуються, але все ж потребують узгодження з правилами, підготовки операторів тощо.
13	Інтеграція з ERP-системами (29)	Підключення будмайданчика до корпоративних систем (1C, SAP, Oracle тощо) зазвичай уже відпрацьоване в більшості великих компаній, тож цей процес відносно швидкий.
14	Автоматизація розрахунків (27)	Програмні комплекси для розрахунку кошторисів, конструкцій, навантажень тощо вже досить поширені; впровадження прискорює процеси, хоча вимагає первинного налаштування.
15	Моніторинг та аналіз у реальному часі (28)	Завдяки IoT-датчикам, GPS-трекерам, «розумній» техніці дані збираються миттєво; швидке впровадження можливе, якщо в компанії вже є IT-інфраструктура й фахівці.
16	Спільна робота у реальному часі (26)	Колаборативні середовища (Teams, Slack, Trello, BIM 360) полегшують комунікації та документування, але потребують організаційних змін і готовності колективу «цифруватися».
17	Аналіз ризиків (16)	Ризик-менеджмент є стандартною практикою; його застосування «розтягує» підготовчі етапи, проте в глобальному сенсі заощаджує час (уникнення помилок).

18	Система мотивації (11)	Розробка КРІ, бонусних схем, системи премій та нематеріальних заохочень може вимагати часу на узгодження/запровадження, але потім сприяє збільшенню продуктивності.
19	Ротація кадрів (12)	Організована ротація працівників для запобігання вигоранню чи взаємозамінності забирає час на адаптацію, проте покращує «гнучкість» колективу в довготривалій перспективі.
20	Взаємозамінність кадрів (10)	Можливість швидко підмінити фахівців, які вибули (хвороба, відпустка) дозволяє мінімізувати простої, але впровадження універсального навчання та «дублерів» потребує часу.
21	Кваліфікація працівників (9)	Висококваліфіковані фахівці швидше вирішують складні задачі, але «виростити» чи найняти їх дорого і довго; нестача кваліфікованих кадрів також впливає на терміни.
22	Технічне оснащення (6)	Наявність сучасної будівельної техніки, обладнання, власних автокранів тощо прискорює процес, але вимагає вкладень і часу на логістику, техобслуговування й навчання.
23	Ресурсне планування (7)	Професійне планування праці, техніки, матеріалів (через MS Project, Primavera, інші інструменти) дає змогу уникати «вузьких місць», однак впроваджується і коригується

		певний час.
24	Постачання будівельних матеріалів (5)	У налагоджених ланцюгах доставку роблять доволі швидко, але будь-які збої (логістика, дефіцит ресурсів, порушення договорів) можуть відчутно затримувати етапи будівництва.
25	Технологічні карти (13)	Докладні інструкції та поопераційні схеми мінімізують помилки; підготовка та актуалізація таких карт вимагає часу, але згодом пришвидшує роботи.
26	Контроль якості (14)	Регулярні перевірки й аудит перешкоджають браку, але потребують витрат часу й ресурсів. У довгостроковій перспективі скорочують переробки і, зрештою, загальний час будівництва.
27	Рівень стандартизації (2)	Стандартизовані рішення (типові конструкції, уніфіковані процеси) виконуються швидше, проте початкове затвердження правил і процедур може затягуватися.
28	Моніторинг стану техніки (8)	Системи відстеження і планового обслуговування техніки в реальному часі запобігають несподіваним поломкам; запровадження вимагає незначних витрат часу, бо є вже готові рішення.
29	Наявність робочої документації (3)	Актуальна, повноцінна проєктна/виконавча документація не лише не затримує, а й прискорює роботу. Цей критерій зазвичай найлегше забезпечити в сучасних проєктах.

Наступна *Таблиця 3-2* містить впорядкований перелік чинників, що впливають на рівень трудомісткості будівельних робіт. У цій таблиці чинники ранжовано за ступенем їхнього впливу, що дає змогу визначити найкритичніші фактори, які безпосередньо впливають на трудомісткість будівництва, а також виділити ті, що мають менш значний вплив на організацію та виконання будівельних процесів. Завдяки такому підходу можна об'єктивно оцінити, які аспекти потребують підвищеної уваги та ретельного контролю, а які, навпаки, сприяють зменшенню навантаження на ресурси та оптимізації праці.

Згідно з представленими у таблиці даними, можна зробити висновок, що найбільший вплив на рівень трудомісткості будівельних робіт мають такі ключові чинники, як постачання будівельних матеріалів, ресурсне планування, кваліфікація працівників, технологічні рішення та технологічне оснащення. Зокрема, своєчасне та безперебійне постачання матеріалів є одним із критичних елементів організації будівельного процесу, адже будь-які затримки в постачанні можуть спричиняти простой та нераціональне використання робочої сили. Ресурсне планування забезпечує оптимальний розподіл трудових і матеріальних ресурсів, що дозволяє уникати перевантаження персоналу та втрат часу. Висока кваліфікація працівників безпосередньо впливає на швидкість та якість виконання робіт, тоді як технологічні рішення та оснащення визначають рівень механізації та автоматизації процесів, що сприяє зменшенню потреби у фізичній праці та підвищенню загальної продуктивності.

З іншого боку, аналіз показує, що такі аспекти, як інтеграція ERP-системи, моніторинг та аналіз у реальному часі, автоматизація розрахунків, спільна робота у реальному часі, віртуальне моделювання та використання штучного інтелекту, потребують меншої кількості ресурсів, проте вони відкривають значні можливості для підвищення ефективності будівельних процесів. Наприклад, інтеграція ERP-системи дозволяє централізовано управляти даними та координувати всі етапи будівництва, що значно знижує

адміністративне навантаження. Моніторинг у реальному часі дає змогу оперативно виявляти відхилення від графіка робіт та вчасно коригувати план дій. Автоматизація розрахунків та спільна робота у реальному часі спрощують процес прийняття рішень, знижуючи необхідність у залученні великої кількості персоналу для управлінських завдань.

Таким чином, аналіз ранжування чинників трудомісткості дозволяє зробити висновок, що традиційні аспекти, пов'язані з матеріальним забезпеченням, плануванням і кваліфікацією персоналу, залишаються найбільш трудомісткими, тоді як сучасні технологічні інструменти можуть значно знизити потребу у витратах трудових ресурсів та підвищити ефективність організації будівельних процесів. Це слід враховувати при плануванні будівництва, оскільки впровадження цифрових технологій та автоматизованих рішень може значно скоротити навантаження на робочу силу та сприяти оптимізації будівельних робіт.

Таблиця 3-2 Упорядкування чинників згідно оцінювання за рівнем трудомісткості

Ранг	Критерій (№ зі списку)	Коротке обґрунтування (чому така позиція)
1	Постачання будівельних матеріалів (5)	Безперебійне постачання — основа будівництва. Збій тут зупиняє весь процес, потребує великої команди, складної логістики, контролю та координації з різними постачальниками.
2	Ресурсне планування (7)	Координує людські, фінансові, технічні та часові ресурси. Вимагає безперервних коригувань, аналітики, співпраці з різними відділами, що робить процес дуже трудомістким.
3	Кваліфікація працівників (9)	Якість та швидкість робіт напряму залежать від рівня підготовки персоналу. Необхідні відбір, навчання, контроль виконання й створення умов,

		які мінімізують помилки та затримки.
4	Технологічні рішення (1)	Визначають, як саме будувати (які методи, матеріали, конструкції). Неправильне рішення тягне масштабні перероблення. Потребує глибоких знань і злагодженої роботи інженерів.
5	Технічне оснащення (6)	Наявність кранів, екскаваторів, бетононасосів та іншої техніки — критично для темпів. Передбачає витрати на купівлю/оренду, обслуговування та оптимальне використання парку машин.
6	Моніторинг стану техніки (8)	Поломки або простої можуть зупинити окремі роботи. Регулярні регламенти, діагностика, ремонти й заміна запчастин потребують додаткової уваги і кваліфікованого персоналу.
7	Контроль якості (14)	Забезпечує відповідність будівельних робіт стандартам та проекту. Включає лабораторні випробування, інженерні перевірки, акти огляду, що потребують окремих фахівців і часу.
8	Технологічні карти (13)	Детальні описи послідовності робіт і вимог. Розробка, узгодження, постійне оновлення карт — додаткові трудові витрати, однак суттєво структурують процес.
9	Наявність робочої документації (3)	Проектна, виконавча, дозвільна документація. Без належних документів будівництво може зупинитися чи стати незаконним. Вимагає формування, ведення, зберігання великого масиву даних.
10	Рівень стандартизації (10)	Уніфіковані процеси й матеріали знижують ризики помилок. Але впровадження стандартів (ISO, норми, регламенти) потребує часу, навчання

		персоналу та додаткових перевірок.
11	Інтеграція екологічних стандартів (4)	Врахування природоохоронних вимог (викиди, утилізація відходів, енергозбереження). Додає вимоги до обладнання, процесів, звітності, збільшує бюрократичну й технічну складність.
12	Система мотивації (11)	Мотивований персонал працює краще й стабільніше. Розробка і впровадження програм заохочення, системи KPI, бонусів — це складна HR-функція, яка не завжди перша в пріоритеті.
13	Взаємозамінність кадрів (10)	Зменшує ризики відсутності «вузького» спеціаліста. Вимагає перекваліфікації й перерозподілу обов'язків, більш ретельного кадрового планування.
14	Ротація кадрів (12)	Протидіє вигоранню, підвищує загальну підготовку колективу. Але потребує планування змін, навчання на нових посадах, що додає управлінського навантаження.
15	Аналіз ризиків (16)	Передбачає оцінку фінансових, технічних, соціальних, екологічних загроз, підготовку «плану Б». Необхідний для уникнення серйозних збоїв, та не завжди вимагає щоденних трудових ресурсів.
16	Непередбачувані обставини (18)	Аварії, поломки, проблеми з дорожньою інфраструктурою та інші «форс-мажори». Вимагають резервних планів, але відбуваються нерегулярно, тож не щодня забирають великі ресурси.

17	Кліматичні умови (17)	Надмірна спека, морози чи дощі гальмують темпи й збільшують витрати (обігрів, захист). В різних регіонах вплив суттєво різниться, тому стоїть у «середній» частині рейтингу.
18	Регуляторні зміни (19)	Зміни в будівельних нормах, податкових, митних правилах можуть спричинити перероблення документів та коригування проєкту. Але це зазвичай точкові й періодичні втручання.
19	Соціально-політична стабільність (20)	Збройні конфлікти, політичні чи економічні кризи можуть призвести до затримок, браку фінансування, кадрових проблем. Щодня не додає робіт, але створює загальні ризики.
20	Інтеграція цифрових технологій (15)	Використання BIM, онлайн-платформ для планування та контролю. Потребує IT-рішень та навчання, але загалом скорочує ручну й паперову роботу, тому нижче в рейтингу за трудомісткістю.
21	Впровадження робототехніки (21)	Роботи можуть виконувати частину рутинних або небезпечних операцій (зварювання, фарбування). Потрібне обслуговування й фахова команда, зате зменшується потреба в робочій силі.
22	Залучення дронів (22)	Швидке обстеження майданчика, вимірювання об'ємів, перевірка безпечності. Потрібні оператори й дозволи, але суттєво економлять час фахівців «на місцях».
23	3D-друк будівельних елементів (23)	Інноваційний метод, що частково замінює традиційне мурування чи виготовлення конструкцій. Вимагає спеціальних принтерів і витратних матеріалів, але скорочує ручну працю.

24	Використання штучного інтелекту (24)	ШІ-алгоритми для аналізу ризиків, оптимізації графіків, виявлення дефектів. Основні «витрати» — розробка/впровадження, навчання персоналу; надалі знижує трудозатрати.
25	Віртуальне моделювання (25)	3D/BIM-моделі, що дозволяють «програти» різні сценарії й уникнути колізій у реальній роботі. Потребує ІТ-інструментів та кваліфікованих спеціалістів, але заощаджує «на майданчику».
26	Спільна робота у реальному часі (26)	Хмарні сервіси, трекери завдань, месенджери тощо. Полегшує комунікацію між відділами, зводячи до мінімуму затримки, але не потребує масової «фізичної» праці.
27	Автоматизація розрахунків (27)	Програми для кошторисів, проєктування, логістики. Дає швидкі результати, зменшує кількість помилок. Головні зусилля: впровадження ПЗ і навчання інженерів/економістів.
28	Моніторинг та аналіз у реальному часі (28)	Встановлення сенсорів, зчитування даних онлайн (прогрес робіт, стан техніки, витрати матеріалів). Потребує цифрових рішень, проте в рази економить «людські» зусилля.
29	Інтеграція з ERP-системами (29)	Автоматизує управління всім (від закупівель до бухгалтерії). Реалізується переважно ІТ-відділами та консультантами, знижує ручну працю, тому розташована в кінці рейтингу.

Наступна *Таблиця 3-3* містить впорядкований перелік чинників, що впливають на вартість будівельних робіт, дозволяючи оцінити їхній вплив на загальну економічну ефективність будівництва. У таблиці наведено ранжування цих чинників за рівнем значущості, що допомагає визначити

ключові фактори, які безпосередньо впливають на собівартість реалізації проєкту, а також ті, що мають менш виражений або опосередкований вплив на кінцеву вартість будівництва.

Аналіз представлених у таблиці даних дозволяє зробити висновок, що найвагоміший вплив на вартість будівельних робіт мають передові технологічні рішення та інноваційні підходи, такі як 3D-друк будівельних елементів, впровадження робототехніки, використання штучного інтелекту, віртуальне моделювання та застосування дронів для моніторингу. 3D-друк будівельних елементів може суттєво знизити витрати на традиційні будівельні матеріали, скоротити обсяг ручної праці та зменшити кількість відходів, проте впровадження цієї технології потребує значних початкових інвестицій у обладнання та спеціальні матеріали. Впровадження робототехніки сприяє автоматизації будівельних процесів, що підвищує продуктивність праці та зменшує залежність від людського фактора. Водночас цей чинник також передбачає значні капіталовкладення у високотехнологічне обладнання та його технічне обслуговування. Використання штучного інтелекту та віртуального моделювання дозволяє ефективніше прогнозувати витрати, аналізувати ризики, оптимізувати використання матеріалів та вдосконалювати управління ресурсами, що сприяє загальному зниженню витрат. Застосування дронів для моніторингу дає змогу значно скоротити витрати на контроль будівельних майданчиків, оперативно відстежувати хід виконання робіт та уникати простоїв через своєчасне виявлення відхилень від проєкту. Таким чином, ці технології, хоча й потребують значних первинних інвестицій, у довгостроковій перспективі сприяють зменшенню загальної вартості будівельних робіт за рахунок підвищення ефективності процесів та оптимізації ресурсів.

З іншого боку, деякі чинники, розташовані в нижній частині таблиці, хоча й впливають на загальну вартість будівництва, їхній вплив є менш значущим або має опосередкований характер. До таких факторів належать наявність робочої документації, моніторинг стану техніки, технологічні карти,

соціально-політична стабільність та регуляторні зміни. Наявність робочої документації є обов'язковою умовою реалізації будь-якого будівельного проєкту, проте витрати на її підготовку зазвичай є незначними у порівнянні з іншими категоріями. Моніторинг стану техніки дозволяє уникати аварійних ситуацій та запобігати незапланованим витратам на ремонт, але за умови своєчасного технічного обслуговування ці витрати залишаються в межах планового бюджету. Технологічні карти є частиною стандартної будівельної документації, яка допомагає покращити організацію робіт, однак вони не потребують значних фінансових вкладень. Соціально-політична стабільність та регуляторні зміни можуть впливати на загальні умови ведення будівельної діяльності, проте їхній безпосередній вплив на вартість конкретного проєкту зазвичай є обмеженим і залежить від поточної ситуації у країні та регіоні.

Таким чином, *Таблиця 3-3* дозволяє виділити чинники, що найбільш критично впливають на вартість будівельних робіт, та визначити, які з них можуть стати точками для оптимізації витрат. Використання інноваційних технологій відкриває можливості для значного скорочення витрат у майбутньому, тоді як традиційні управлінські та організаційні аспекти відіграють другорядну роль у визначенні кінцевої собівартості проєкту.

Таблиця 3-3 Упорядкування чинників згідно оцінювання за рівнем вартості

Ранг	Критерій (№ зі списку)	Коротке обґрунтування (чому така позиція)
1	3D-друк будівельних елементів (23)	Потребує дорогого устаткування (великоформатні 3D-принтери), спеціальних сумішей та висококваліфікованих операторів. Обмежене коло постачальників і сервісу робить технологію додатково витратною.

2	Впровадження робототехніки (21)	Закупівля та налаштування роботів, інтеграція в існуючі процеси, обслуговування, навчання операторів. Усе це формує значні початкові та супутні витрати.
3	Використання штучного інтелекту (24)	Потребує потужної IT-інфраструктури (сервери, хмарні сервіси), фахівців із Data Science, дорогого ліцензійного або власнорозробленого ПЗ. Постійне вдосконалення алгоритмів збільшує експлуатаційні витрати.
4	Віртуальне моделювання (25)	Використання BIM/CAD/CAE-систем, апаратного забезпечення (продуктивні робочі станції), навчання інженерів. Вимагає суттєвих змін у процесах проектування та управління даними.
5	Залучення дронів (22)	Вартісні дрони зі спеціалізованими сенсорами (лідар, тепловізори тощо), ПЗ для обробки даних, навчання пілотів. Регулярне сервісне обслуговування та оновлення.
6	Інтеграція з ERP-системами (29)	Потужні корпоративні платформи (SAP, Oracle тощо) із високими витратами на ліцензії, налаштування та адаптацію бізнес-процесів. Тривала інтеграція та навчання персоналу.

7	Автоматизація розрахунків (27)	Спеціалізоване ПЗ для кошторисів, інженерних обчислень, логістики. Може вимагати суттєвих витрат на розробку «під себе» або дорогих ліцензій, плюс навчання співробітників.
8	Інтеграція цифрових технологій (15)	Широкий спектр «цифровізації» (від сенсорики й IoT до великих даних). Потребує початкових інвестицій у нове обладнання, мережеву інфраструктуру, системи безпеки, навчання.
9	Моніторинг та аналіз у реальному часі (28)	Необхідні датчики, канали передачі даних, хмарні сервіси, складні аналітичні платформи. Витрати на покупку, налаштування та підтримку, плюс навчання персоналу.
10	Спільна робота у реальному часі (26)	Розгортання хмарних платформ для командної роботи, налаштування користувачів, контроль доступу. Хоча ПЗ може бути недорогим, інтеграція у процеси й забезпечення стабільного інтернету потребує додаткових витрат.
11	Технічне оснащення (6)	Оновлення/збільшення парку техніки: крани, екскаватори, спеціальна техніка. Включає амортизацію, страхування, сервіс. Хоч і дорогий напрям, але часто традиційнішим і більш прогнозованим, ніж нові високі технології.

12	Технологічні рішення (1)	Узагальнений блок інновацій чи поліпшених методик (нові матеріали, складні системи вентиляції, «розумні» конструкції). Може бути витратним, залежно від вибраних рішень і складності реалізації.
13	Аналіз ризиків (16)	Залучення експертів з Risk Management, створення моделей, страхування. Хоча додаткові витрати не завжди малі, вони значно нижчі за витрати на робототехніку чи 3D-друк, але все ж вагомі для системних проєктів.
14	Рівень стандартизації (2)	Створення/адаптація внутрішніх стандартів, інструкцій, регулярне навчання персоналу. Хоча певних ресурсів, але менше, ніж упровадження складних апаратних чи ІТ-рішень.
15	Контроль якості (14)	Організація відділу або залучення сторонніх фахівців, лабораторні випробування, внутрішній аудит. Порівняно невеликі витрати проти високотехнологічних впроваджень, та все ж помітні в масштабних проєктах.
16	Інтеграція екологічних стандартів (4)	Сертифікації (LEED, BREEAM), «зелені» матеріали, енергоефективні технології. Потребує аудитів та змін у проєктуванні. Проте вже досить поширена практика, тому витрати можна планувати заздалегідь.

17	Ресурсне планування (7)	Інструменти (MS Project, Primavera), методики управління ресурсами, навчання планувальників. Помірні витрати порівняно з «великими» технологіями.
18	Кваліфікація працівників (9)	Постійні тренінги, підвищення кваліфікації. Може збільшувати витратну частину, якщо потрібні рідкісні фахівці, проте загалом нижче за вартість техніки та сучасних інновацій.
19	Система мотивації (11)	Розробка KPI, бонусні програми, моделі кар'єрного росту. Витрати керовані й зазвичай менші, ніж на впровадження складних роботизованих чи цифрових рішень.
20	Ротація кадрів (12)	Організаційні заходи щодо перерозподілу кадрів, перенавчання чи адаптації на новому місці. Не потребує значних капіталовкладень, але є «приховані» витрати (час, «простій», пошук замін).
21	Взаємозамінність кадрів (10)	Навчання співробітників додатковим навичкам, аби могли замінювати колег у разі потреби. Збільшується гнучкість, але додаткові витрати на перекваліфікацію все ж помірні.
22	Постачання будівельних матеріалів (5)	Стандартна стаття витрат, яка залежить від ринкових цін та логістики. Не вимагає складних упроваджень або унікальних спеціалістів (окрім особливих випадків із «суперматеріалами»).

23	Кліматичні умови (17)	Зовнішній чинник, що впливає на вибір матеріалів і технологій. Не потребує масштабних інвестицій, радше коригує проєктні рішення (морозостійкість, вологозахист тощо).
24	Непередбачувані обставини (18)	Закладаються як резерв у кошторисі (форс-мажор). Реальні витрати можуть стати великими лише при настанні подій, та все ж це не гарантовані інвестиції на рівні робототехніки чи 3D-друку.
25	Регуляторні зміни (19)	Необхідність оновлення дозволів, ліцензій, можливі переробки проєктів. Хоч може бути болісним і вимагати додаткових витрат, зазвичай не дотягує до масштабів «інноваційних» технологічних впроваджень.
26	Соціально-політична стабільність (20)	Фактор ризику, що позначається переважно на страховках, термінах, іноді на швидкості постачань. Пряме технологічне чи капітальне навантаження зазвичай не дуже високе (порівняно з робототехнікою).
27	Технологічні карти (13)	Документальне й методичне забезпечення процесів. Має вартість розробки/оновлення, але значно нижчу, ніж закупівля високотехнологічного обладнання чи програмного забезпечення.

28	Моніторинг стану техніки (8)	Здебільшого стандартні телематичні пристрої та періодичні огляди. У базовому варіанті не є надто витратними, особливо порівняно з іншими цифровими впровадженнями (аналітика «реального часу», робототехніка тощо).
29	Наявність робочої документації (3)	Базова й обов'язкова вимога; рутинний процес, що зазвичай вже закладений у проєкт. Потребує відносно невеликих витрат на підтримку та оновлення.

Дослідження демонструє важливість комплексного підходу до управління будівельними проєктами, що включає впровадження сучасних технологій, ретельне планування та адаптацію до змінних зовнішніх факторів. Такий комплексний підхід дозволяє не лише мінімізувати ризики, пов'язані з невизначеністю будівельного середовища, а й підвищити продуктивність робочих процесів, скоротити терміни виконання етапів будівництва та раціонально використовувати наявні ресурси. Важливим наслідком застосування подібної парадигми є також забезпечення економічної доцільності реалізації проєктів, оскільки контроль за витратами та врахування змін ринкової кон'юнктури дають змогу оптимізувати виробничі програми й оперативно коригувати фінансово-економічні показники. Запропонований у дослідженні організаційно-економічний механізм управління будівельними проєктами створює основу для переходу до гнучких методів менеджменту у будівельній галузі. Він синтезує елементи традиційних підходів до планування та контролю, що перевірені багаторічною практикою, із сучасними принципами динамічної адаптації та швидкого реагування на зміни умов середовища. Зокрема, в межах механізму передбачена можливість регулярного моніторингу ключових показників ефективності та своєчасного залучення аналітичних інструментів для коригування планів, що забезпечує

його релевантність у контексті зростаючої турбулентності ринку будівельних послуг. Як було наголошено в підрозділі 2.2, необхідність періодичного коригування програми діяльності будівельної організації (ПДБО) з урахуванням реальних умов виконання робіт та кон'юнктури ринку є критичною для збереження конкурентоспроможності та стійкого розвитку підприємств будівельної галузі. Таким чином, організаційно-економічний механізм, побудований на гнучкій взаємодії управлінських інструментів і технологічних рішень, виступає фундаментом для підвищення ефективності функціонування всієї галузі та сприяє досягненню стратегічних цілей будівельних проєктів у довгостроковій перспективі.

3.2. Алгоритм впровадження інтегрованої системи організаційно-технологічного моделювання та оптимізації програми діяльності будівельної організації

Алгоритм впровадження інтегрованої системи організаційно-технологічного моделювання (ІОТМ) та оптимізації програми діяльності будівельної організації (ПДБО) реалізується шляхом використання низки математичних формул, у яких значну роль відіграють спеціальні коефіцієнти k . Кожен із цих коефіцієнтів відповідає певному аспекту будівельного процесу і дає змогу кількісно виразити вплив різних чинників на загальний результат. Важливо відзначити, що верхній індекс у позначенні коефіцієнта k^n відіграє роль у розмежуванні сфери його застосування. Тобто, якщо індекс має вигляд k^T (від англ. “Time”), це свідчить про те, що коефіцієнт пов’язаний саме з тривалістю виконання робіт; якщо ж індекс k^Q (від англ. “Quantity”), то коефіцієнт стосується трудомісткості; якщо ж k^C (від англ. “Cost”), тоді йдеться про його застосування для визначення вартості виконання того чи іншого комплексу будівельних заходів. Окрім верхнього індексу, нижній індекс у позначенні k_n вказує на специфічні умови або категорії будівельних робіт, до яких цей коефіцієнт належить. Це означає, що коефіцієнт може змінюватися залежно від конкретних категорій умов. Наприклад, $k_{\text{ПОП}}$ - проектно-організаційна підготовка, $k_{\text{МТЗ}}$ - матеріально-технічне забезпечення, $k_{\text{УЛР}}$ - управління людськими ресурсами тощо. Таким чином, нижній індекс k_n уможливорює деталізоване групування: для кожної категорії робіт чи особливих умов визначається окреме значення коефіцієнта, яке враховує саме ті нюанси, що можуть вплинути на тривалість, трудомісткість чи вартість. Запропонований підхід забезпечує основу для переходу до гнучких методів управління в будівельній сфері, оскільки гармонійно поєднує елементи класичних підходів до планування з динамічною адаптацією та швидкою реакцією на мінливі ринкові умови, що дозволяє безперервно вдосконалювати процедури планування і підвищувати конкурентоспроможність галузі.

Для наглядного розуміння запропонованого механізму поглянемо на *Рисунок 3-10, Рисунок 3-11, Рисунок 3-12* які відображають загальну структуру розподілу тривалості, трудомісткості та вартості робіт у межах конкретної будівельної організації за різними категоріями та умовами виконання. У цих малюнках візуалізовано, яким чином коефіцієнти тривалості, трудомісткості і вартості «накладаються» на різні етапи будівельних процесів. Це дає змогу простежити відмінності у плануванні та прогнозуванні результатів будівництва з урахуванням особливостей кожної категорії робіт. Завдяки такому підходу можна оперативного коригувати план-графік виконання завдань, розраховувати необхідні ресурси (матеріальні, людські, фінансові) та вчасно ухвалювати управлінські рішення, спрямовані на оптимізацію процесу будівництва.

У межах аналізу спершу звернемося до критерію тривалості (*Рисунок 3-10*), який використовується для обчислень із залученням спеціальних коефіцієнтів. Ці коефіцієнти допомагають точно визначити часові інтервали, необхідні для виконання певного процесу чи досягнення конкретного результату, враховуючи особливості досліджуваної системи. Завдяки цьому підходу можна не лише встановити оптимальну тривалість кожного етапу, а й отримати чітку уяву про загальну структуру процесу, виявити можливі вузькі місця та ефективніше розподілити ресурси.

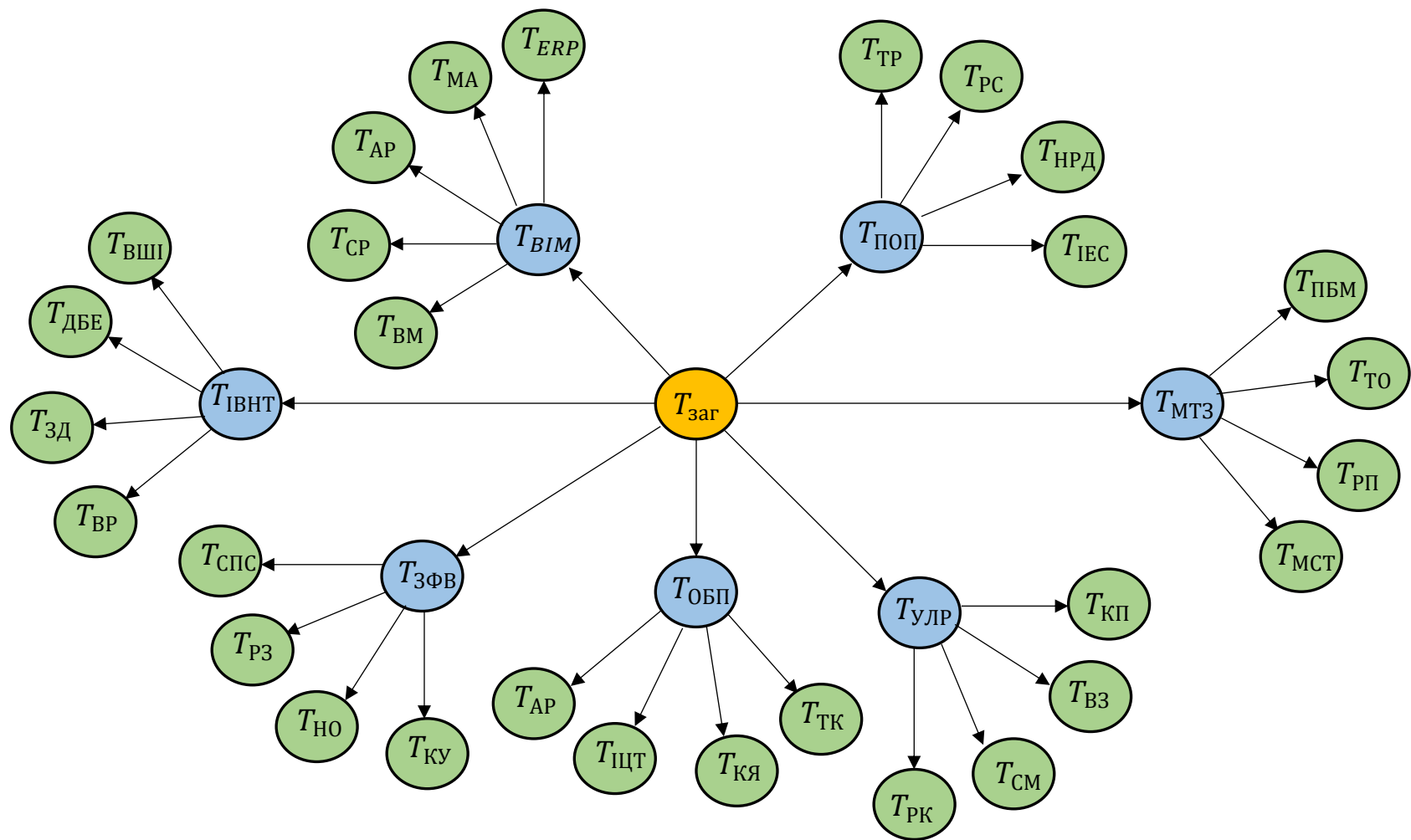


Рисунок 3-10 Схема механізму планування тривалості

Отже загальна формула визначення тривалості виглядає таким чином:

$$T_{\text{заг}} = T_{\text{ПОП}} + T_{\text{МТЗ}} + T_{\text{УЛР}} + T_{\text{ОБП}} + T_{\text{ЗФВ}} + T_{\text{ІВНТ}} + T_{\text{ВІМ}}$$

З загальної тривалості що може бути як приклад задана технічним завданням базуючись на отриманих значеннях з розділу 2 формуємо формулу з залученням коефіцієнтів тривалості для розрахунку тривалості категорії **проектно-організаційної підготовки:**

$$T_{\text{ПОП}} = k_{\text{ПОП}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.125 \cdot T_{\text{заг}}$$

Розрахунок умов тривалості що входять до категорії проектно-організаційної підготовки:

$$T_{\text{ТР}} = k_{\text{ТР}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.054 \cdot T_{\text{заг}}$$

$$T_{\text{РС}} = k_{\text{РС}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.012 \cdot T_{\text{заг}}$$

$$T_{\text{НРД}} = k_{\text{НРД}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.006 \cdot T_{\text{заг}}$$

$$T_{\text{ІЕС}} = k_{\text{ІЕС}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.053 \cdot T_{\text{заг}}$$

Загальна формула визначення тривалості категорії проектно-організаційної підготовки також може набути наступного вигляду:

$$T_{\text{ПОП}} = k_{\text{ТР}}^T \cdot T_{\text{заг}} + k_{\text{РС}}^T \cdot T_{\text{заг}} + k_{\text{ТР}}^T \cdot T_{\text{заг}} + k_{\text{ІЕС}}^T \cdot T_{\text{заг}}$$

Розрахунок тривалості категорії **матеріально технічне забезпечення:**

$$T_{\text{МТЗ}} = k_{\text{МТЗ}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.064 \cdot T_{\text{заг}}$$

Розрахунок умов тривалості що входять до категорії матеріально-технологічне забезпечення:

$$T_{\text{ПБМ}} = k_{\text{ПБМ}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.017 \cdot T_{\text{заг}}$$

$$T_{\text{ТО}} = k_{\text{ТО}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.019 \cdot T_{\text{заг}}$$

$$T_{\text{РП}} = k_{\text{РП}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.019 \cdot T_{\text{заг}}$$

$$T_{\text{МСТ}} = k_{\text{МСТ}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.008 \cdot T_{\text{заг}}$$

Загальна формула визначення тривалості категорії матеріально-технологічне забезпечення також може набути наступного вигляду:

$$T_{\text{МТЗ}} = k_{\text{ПБМ}}^T \cdot T_{\text{заг}} + k_{\text{ТО}}^T \cdot T_{\text{заг}} + k_{\text{РП}}^T \cdot T_{\text{заг}} + k_{\text{МСТ}}^T \cdot T_{\text{заг}}$$

Розрахунок тривалості категорії **управління людськими ресурсами**:

$$T_{\text{УЛР}} = k_{\text{УЛР}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.089 \cdot T_{\text{заг}}$$

Розрахунок умов тривалості що входять до категорії управління людськими ресурсами:

$$T_{\text{КП}} = k_{\text{КП}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.019 \cdot T_{\text{заг}}$$

$$T_{\text{БК}} = k_{\text{БК}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.022 \cdot T_{\text{заг}}$$

$$T_{\text{СМ}} = k_{\text{СМ}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.024 \cdot T_{\text{заг}}$$

$$T_{\text{РК}} = k_{\text{РК}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.024 \cdot T_{\text{заг}}$$

Загальна формула визначення тривалості категорії управління людськими ресурсами також може набути наступного вигляду:

$$T_{\text{УЛР}} = k_{\text{КП}}^T \cdot T_{\text{заг}} + k_{\text{БК}}^T \cdot T_{\text{заг}} + k_{\text{СМ}}^T \cdot T_{\text{заг}} + k_{\text{РК}}^T \cdot T_{\text{заг}}$$

Розрахунок тривалості категорії **організація будівельного процесу**:

$$T_{\text{ОБП}} = k_{\text{ОБП}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.107 \cdot T_{\text{заг}}$$

Розрахунок умов тривалості що входять до категорії організація будівельного процесу:

$$T_{\text{ТК}} = k_{\text{ТК}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.017 \cdot T_{\text{заг}}$$

$$T_{\text{КЯ}} = k_{\text{КЯ}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.014 \cdot T_{\text{заг}}$$

$$T_{\text{ІЦП}} = k_{\text{ІЦП}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.045 \cdot T_{\text{заг}}$$

$$T_{\text{АР}} = k_{\text{АР}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.031 \cdot T_{\text{заг}}$$

Загальна формула визначення тривалості категорії організація будівельного процесу також може набути наступного вигляду:

$$T_{\text{ОБП}} = k_{\text{ТК}}^T \cdot T_{\text{заг}} + k_{\text{КЯ}}^T \cdot T_{\text{заг}} + k_{\text{ІЦП}}^T \cdot T_{\text{заг}} + k_{\text{АР}}^T \cdot T_{\text{заг}}$$

Розрахунок тривалості категорії **зовнішні фактори впливу**:

$$T_{\text{ЗФВ}} = k_{\text{ЗФВ}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.24 \cdot T_{\text{заг}}$$

Розрахунок умов тривалості що входять до категорії зовнішні фактори впливу:

$$T_{\text{КУ}} = k_{\text{КУ}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.057 \cdot T_{\text{заг}}$$

$$T_{\text{НО}} = k_{\text{НО}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.063 \cdot T_{\text{заг}}$$

$$T_{\text{РЗ}} = k_{\text{РЗ}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.059 T_{\text{заг}}$$

$$T_{\text{СПС}} = k_{\text{СПС}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.06 \cdot T_{\text{заг}}$$

Загальна формула визначення тривалості категорії зовнішні фактори впливу також може набути наступного вигляду:

$$T_{\text{ЗФВ}} = k_{\text{КУ}}^T \cdot T_{\text{заг}} + k_{\text{НО}}^T \cdot T_{\text{заг}} + k_{\text{РЗ}}^T \cdot T_{\text{заг}} + k_{\text{СПС}}^T \cdot T_{\text{заг}}$$

Розрахунок тривалості категорії **інновації та впровадження нових технологій**:

$$T_{\text{ІВНТ}} = k_{\text{ІВНТ}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.188 \cdot T_{\text{заг}}$$

Розрахунок умов тривалості що входять до категорії інновації та впровадження нових технологій:

$$T_{\text{БР}} = k_{\text{БР}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.052 \cdot T_{\text{заг}}$$

$$T_{\text{ДМ}} = k_{\text{ЗД}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.041 \cdot T_{\text{заг}}$$

$$T_{\text{ДБЕ}} = k_{\text{ДБЕ}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.046 T_{\text{заг}}$$

$$T_{\text{ВШІ}} = k_{\text{ВШІ}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.05 \cdot T_{\text{заг}}$$

Загальна формула визначення тривалості категорії інновації та впровадження нових технологій також може набути наступного вигляду:

$$T_{\text{ІВНТ}} = k_{\text{БР}}^T \cdot T_{\text{заг}} + k_{\text{ЗД}}^T \cdot T_{\text{заг}} + k_{\text{ДБЕ}}^T \cdot T_{\text{заг}} + k_{\text{ВШІ}}^T \cdot T_{\text{заг}}$$

Розрахунок тривалості категорії **BIM-технології (Building Information Modeling)**:

$$T_{\text{BIM}} = k_{\text{BIM}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.188 \cdot T_{\text{заг}}$$

Розрахунок умов тривалості що входять до категорії BIM-технології (Building Information Modeling):

$$T_{\text{BM}} = k_{\text{BM}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.049 \cdot T_{\text{заг}}$$

$$T_{\text{CP}} = k_{\text{CP}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.032 \cdot T_{\text{заг}}$$

$$T_{\text{AP}} = k_{\text{AP}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.036 T_{\text{заг}}$$

$$T_{\text{MA}} = k_{\text{MA}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.034 \cdot T_{\text{заг}}$$

$$T_{\text{ERP}} = k_{\text{ERP}}^T \cdot T_{\text{заг}} = 0.038 \cdot T_{\text{заг}}$$

Загальна формула визначення тривалості категорії BIM-технології (Building Information Modeling) також може набути наступного вигляду:

$$T_{\text{BIM}} = k_{\text{BM}}^T \cdot T_{\text{заг}} + k_{\text{CP}}^T \cdot T_{\text{заг}} + k_{\text{AP}}^T \cdot T_{\text{заг}} + k_{\text{MA}}^T \cdot T_{\text{заг}} + k_{\text{ERP}}^T \cdot T_{\text{заг}}$$

На наступному етапі нашого дослідження зосередимося на критерії трудомісткості (*Рисунок 3-11*), який застосовується для розрахунку за допомогою спеціальних коефіцієнтів. Цей показник є важливим, оскільки дає змогу визначити сумарний обсяг зусиль, необхідний для виконання певних завдань або проєктів. Залучення коефіцієнтів у процес розрахунку дозволяє врахувати особливості умов праці, кваліфікацію залучених спеціалістів та інші фактори, які можуть вплинути на остаточні результати.

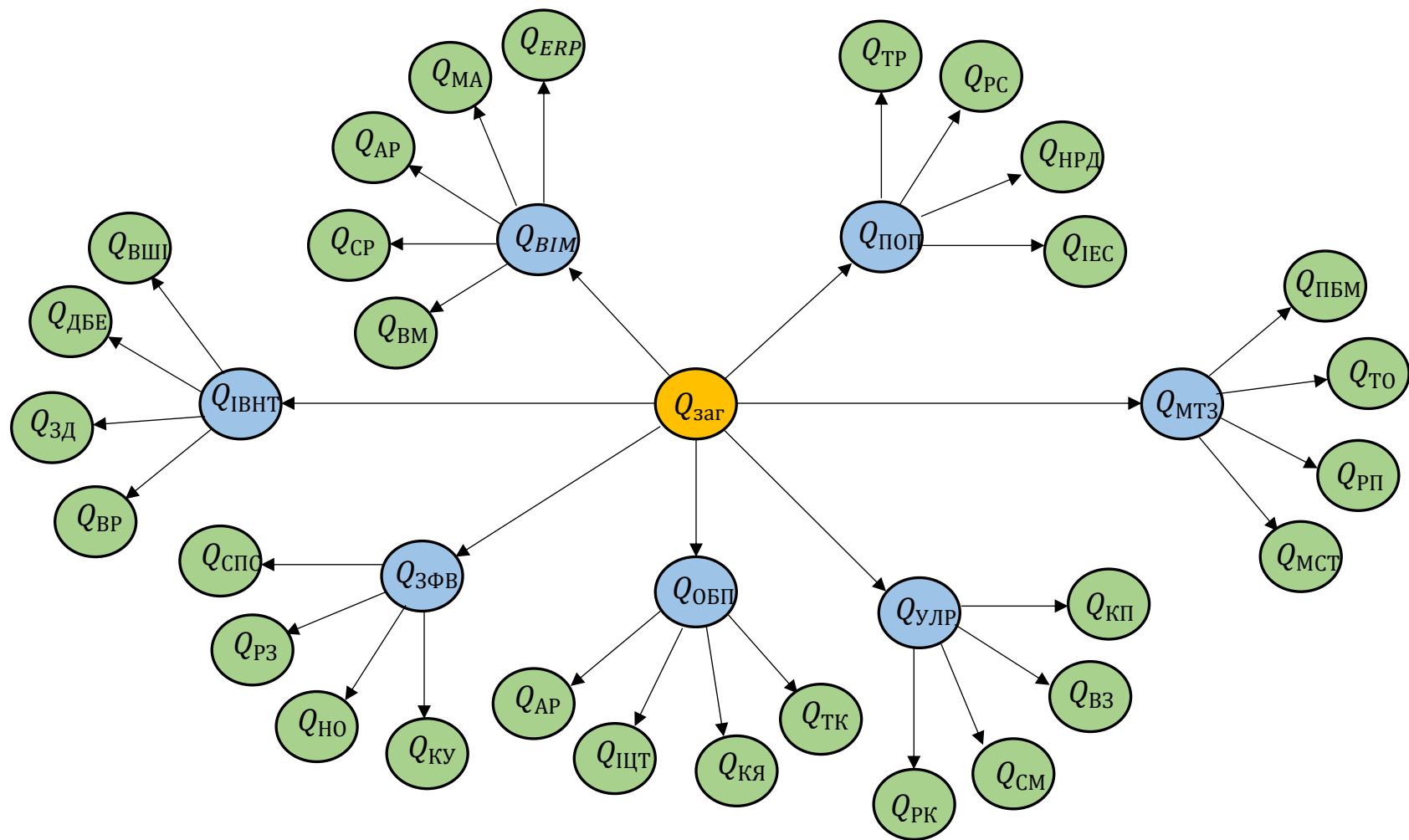


Рисунок 3-11 Схема механізму планування трудомісткості

Отже загальна формула визначення трудомісткості виглядає таким чином:

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{ПОП}} + Q_{\text{МТЗ}} + Q_{\text{УЛР}} + Q_{\text{ОБП}} + Q_{\text{ЗФВ}} + Q_{\text{ІВНТ}} + Q_{\text{ВІМ}}$$

З загальної трудомісткості що може бути як приклад задана технічним завданням базуючись на отриманих значеннях з розділу 2 формуємо формулу з залученням коефіцієнтів трудомісткості для розрахунку тривалості категорії **проектно-організаційної підготовки:**

$$Q_{\text{ПОП}} = k_{\text{ПОП}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.194 \cdot Q_{\text{заг}}$$

Розрахунок умов трудомісткості що входять до категорії проектно-організаційної підготовки:

$$Q_{\text{ТР}} = k_{\text{ТР}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.058 \cdot Q_{\text{заг}}$$

$$Q_{\text{РС}} = k_{\text{РС}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.046 \cdot Q_{\text{заг}}$$

$$Q_{\text{НРД}} = k_{\text{НРД}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.046 \cdot Q_{\text{заг}}$$

$$Q_{\text{ІЕС}} = k_{\text{ІЕС}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.044 \cdot Q_{\text{заг}}$$

Загальна формула визначення тривалості категорії проектно-організаційної підготовки також може набути наступного вигляду:

$$Q_{\text{ПОП}} = k_{\text{ТР}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} + k_{\text{РС}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} + k_{\text{ТР}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} + k_{\text{ІЕС}}^Q \cdot Q_{\text{заг}}$$

Розрахунок трудомісткості категорії **матеріально технічне забезпечення:**

$$Q_{\text{МТЗ}} = k_{\text{МТЗ}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.236 \cdot Q_{\text{заг}}$$

Розрахунок умов трудомісткості що входять до категорії матеріально-технологічне забезпечення:

$$Q_{\text{ПБМ}} = k_{\text{ПБМ}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.063 \cdot Q_{\text{заг}}$$

$$Q_{\text{ТО}} = k_{\text{ТО}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.056 \cdot Q_{\text{заг}}$$

$$Q_{\text{РП}} = k_{\text{РП}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.062 \cdot Q_{\text{заг}}$$

$$Q_{\text{МСТ}} = k_{\text{МСТ}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.055 \cdot Q_{\text{заг}}$$

Загальна формула визначення трудомісткості категорії матеріально-технологічне забезпечення також може набути наступного вигляду:

$$Q_{\text{МТЗ}} = k_{\text{ПБМ}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} + k_{\text{ТО}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} + k_{\text{РП}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} + k_{\text{МСТ}}^Q \cdot Q_{\text{заг}}$$

Розрахунок трудомісткості категорії **управління людськими ресурсами**:

$$Q_{\text{УЛР}} = k_{\text{УЛР}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.185 \cdot Q_{\text{заг}}$$

Розрахунок умов трудомісткості що входять до категорії управління людськими ресурсами:

$$Q_{\text{КП}} = k_{\text{КП}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.060 \cdot Q_{\text{заг}}$$

$$Q_{\text{ВК}} = k_{\text{ВК}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.041 \cdot Q_{\text{заг}}$$

$$Q_{\text{СМ}} = k_{\text{СМ}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.043 \cdot Q_{\text{заг}}$$

$$Q_{\text{РК}} = k_{\text{РК}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.040 \cdot Q_{\text{заг}}$$

Загальна формула визначення трудомісткості категорії управління людськими ресурсами також може набути наступного вигляду:

$$Q_{\text{УЛР}} = k_{\text{КП}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} + k_{\text{ВК}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} + k_{\text{СМ}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} + k_{\text{РК}}^Q \cdot Q_{\text{заг}}$$

Розрахунок трудомісткості категорії **організація будівельного процесу**:

$$Q_{\text{ОБП}} = k_{\text{ОБП}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.157 \cdot Q_{\text{заг}}$$

Розрахунок умов трудомісткості що входять до категорії організація будівельного процесу:

$$Q_{\text{ТК}} = k_{\text{ТК}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.046 \cdot Q_{\text{заг}}$$

$$Q_{\text{КЯ}} = k_{\text{КЯ}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.050 \cdot Q_{\text{заг}}$$

$$Q_{\text{ІЦП}} = k_{\text{ІЦП}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.025 \cdot Q_{\text{заг}}$$

$$Q_{\text{АР}} = k_{\text{АР}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.035 \cdot Q_{\text{заг}}$$

Загальна формула визначення трудомісткості категорії організація будівельного процесу також може набути наступного вигляду:

$$Q_{\text{ОБП}} = k_{\text{ТК}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} + k_{\text{КЯ}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} + k_{\text{ІЦП}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} + k_{\text{АР}}^Q \cdot Q_{\text{заг}}$$

Розрахунок трудомісткості категорії **зовнішні фактори впливу**:

$$Q_{\text{ЗФВ}} = k_{\text{ЗФВ}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.121 \cdot Q_{\text{заг}}$$

Розрахунок умов трудомісткості що входять до категорії зовнішні фактори впливу:

$$Q_{\text{КУ}} = k_{\text{КУ}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.030 \cdot Q_{\text{заг}}$$

$$Q_{\text{НО}} = k_{\text{НО}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.034 \cdot Q_{\text{заг}}$$

$$Q_{\text{РЗ}} = k_{\text{РЗ}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.030 \cdot Q_{\text{заг}}$$

$$Q_{\text{СПС}} = k_{\text{СПС}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.027 \cdot Q_{\text{заг}}$$

Загальна формула визначення тривалості категорії зовнішні фактори впливу також може набути наступного вигляду:

$$Q_{\text{ЗФВ}} = k_{\text{КУ}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} + k_{\text{НО}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} + k_{\text{РЗ}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} + k_{\text{СПС}}^Q \cdot Q_{\text{заг}}$$

Розрахунок трудомісткості категорії **інновації та впровадження нових технологій**:

$$Q_{\text{ІВНТ}} = k_{\text{ІВНТ}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.068 \cdot Q_{\text{заг}}$$

Розрахунок умов трудомісткості що входять до категорії інновації та впровадження нових технологій:

$$Q_{\text{ВР}} = k_{\text{ВР}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.021 \cdot Q_{\text{заг}}$$

$$Q_{\text{ДМ}} = k_{\text{ЗД}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.018 \cdot Q_{\text{заг}}$$

$$Q_{\text{ДБЕ}} = k_{\text{ДБЕ}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.015 \cdot Q_{\text{заг}}$$

$$Q_{\text{ВШІ}} = k_{\text{ВШІ}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.014 \cdot Q_{\text{заг}}$$

Загальна формула визначення трудомісткості категорії інновації та впровадження нових технологій також може набути наступного вигляду:

$$Q_{\text{ІВНТ}} = k_{\text{ВР}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} + k_{\text{ЗД}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} + k_{\text{ДБЕ}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} + k_{\text{ВШІ}}^Q \cdot Q_{\text{заг}}$$

Розрахунок трудомісткості категорії **BIM-технології (Building Information Modeling)**:

$$Q_{\text{BIM}} = k_{\text{BIM}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.039 \cdot Q_{\text{заг}}$$

Розрахунок умов трудомісткості що входять до категорії BIM-технології (Building Information Modeling):

$$Q_{\text{BM}} = k_{\text{BM}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.011 \cdot Q_{\text{заг}}$$

$$Q_{\text{CP}} = k_{\text{CP}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.008 \cdot Q_{\text{заг}}$$

$$Q_{\text{AP}} = k_{\text{AP}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.007 \cdot Q_{\text{заг}}$$

$$Q_{\text{MA}} = k_{\text{MA}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.007 \cdot Q_{\text{заг}}$$

$$Q_{\text{ERP}} = k_{\text{ERP}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} = 0.005 \cdot Q_{\text{заг}}$$

Загальна формула визначення трудомісткості категорії BIM-технології (Building Information Modeling) також може набути наступного вигляду:

$$Q_{\text{BIM}} = k_{\text{BM}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} + k_{\text{CP}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} + k_{\text{AP}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} + k_{\text{MA}}^Q \cdot Q_{\text{заг}} + k_{\text{ERP}}^Q \cdot Q_{\text{заг}}$$

Завершальним у межах цього дослідження є критерій вартості (*Рисунок 3-12*), для обчислення якого також застосовуються спеціальні коефіцієнти. Це дає змогу точніше визначити загальні витрати на реалізацію певного процесу чи проєкту, враховуючи як прямі, так і опосередковані видатки (наприклад, на матеріали, робочу силу, логістику, адміністративні послуги тощо). Залучення таких коефіцієнтів дозволяє адаптувати методику оцінювання вартості до реальних умов, підвищити точність фінансових прогнозів і, відповідно, забезпечити ефективніше планування бюджету та управління ресурсами.

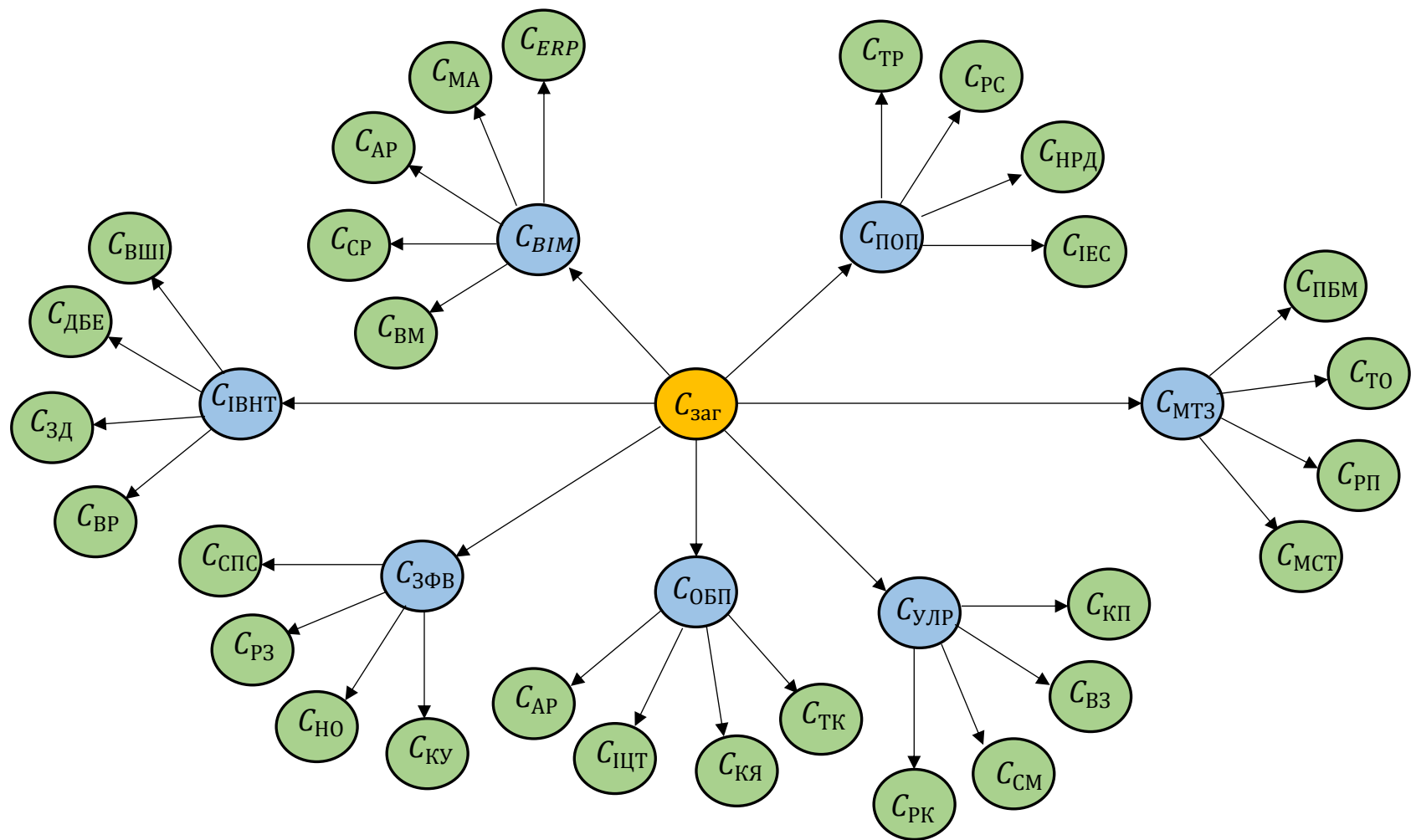


Рисунок 3-12 Схема механізму планування вартості

Отже загальна формула визначення вартості виглядає таким чином:

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{ПОП}} + C_{\text{МТЗ}} + C_{\text{УЛР}} + C_{\text{ОБП}} + C_{\text{ЗФВ}} + C_{\text{ІВНТ}} + C_{\text{ВІМ}}$$

З загальної вартості що може бути як приклад задана технічним завданням базуючись на отриманих значеннях з розділу 2 формуємо формулу з залученням коефіцієнтів вартості для розрахунку вартості категорії **проектно-організаційної підготовки**:

$$C_{\text{ПОП}} = k_{\text{ПОП}}^C \cdot C_{\text{заг}} = 0.117 \cdot C_{\text{заг}}$$

Розрахунок умов вартості що входять до категорії проектно-організаційної підготовки:

$$C_{\text{ТР}} = k_{\text{ТР}}^C \cdot C_{\text{заг}} = 0.041 \cdot C_{\text{заг}}$$

$$C_{\text{РС}} = k_{\text{РС}}^C \cdot C_{\text{заг}} = 0.038 \cdot C_{\text{заг}}$$

$$C_{\text{НРД}} = k_{\text{НРД}}^C \cdot C_{\text{заг}} = 0.004 \cdot C_{\text{заг}}$$

$$C_{\text{ІЕС}} = k_{\text{ІЕС}}^C \cdot C_{\text{заг}} = 0.034 \cdot C_{\text{заг}}$$

Загальна формула визначення вартості категорії проектно-організаційної підготовки також може набути наступного вигляду:

$$C_{\text{ПОП}} = k_{\text{ТР}}^C \cdot C_{\text{заг}} + k_{\text{РС}}^C \cdot C_{\text{заг}} + k_{\text{НРД}}^C \cdot C_{\text{заг}} + k_{\text{ІЕС}}^C \cdot C_{\text{заг}}$$

Розрахунок вартості категорії **матеріально технічне забезпечення**:

$$C_{\text{МТЗ}} = k_{\text{МТЗ}}^C \cdot C_{\text{заг}} = 0.096 \cdot C_{\text{заг}}$$

Розрахунок умов вартості що входять до категорії матеріально-технологічне забезпечення:

$$C_{\text{ПБМ}} = k_{\text{ПБМ}}^C \cdot C_{\text{заг}} = 0.020 \cdot C_{\text{заг}}$$

$$C_{\text{ТО}} = k_{\text{ТО}}^C \cdot C_{\text{заг}} = 0.041 \cdot C_{\text{заг}}$$

$$C_{\text{РП}} = k_{\text{РП}}^C \cdot C_{\text{заг}} = 0.029 \cdot C_{\text{заг}}$$

$$C_{\text{МСТ}} = k_{\text{МСТ}}^C \cdot C_{\text{заг}} = 0.006 \cdot C_{\text{заг}}$$

Загальна формула визначення вартості категорії матеріально-технологічне забезпечення також може набути наступного вигляду:

$$C_{\text{МТЗ}} = k_{\text{ПБМ}}^C \cdot C_{\text{заг}} + k_{\text{ТО}}^C \cdot C_{\text{заг}} + k_{\text{РП}}^C \cdot C_{\text{заг}} + k_{\text{МСТ}}^C \cdot C_{\text{заг}}$$

Розрахунок вартості категорії **управління людськими ресурсами**:

$$C_{УЛР} = k_{УЛР}^C \cdot C_{заг} = 0.098 \cdot C_{заг}$$

Розрахунок умов вартості що входять до категорії управління людськими ресурсами:

$$C_{КП} = k_{КП}^C \cdot C_{заг} = 0.026 \cdot C_{заг}$$

$$C_{БК} = k_{БК}^C \cdot C_{заг} = 0.021 \cdot C_{заг}$$

$$C_{СМ} = k_{СМ}^C \cdot C_{заг} = 0.026 \cdot C_{заг}$$

$$C_{РК} = k_{РК}^C \cdot C_{заг} = 0.025 \cdot C_{заг}$$

Загальна формула визначення вартості категорії управління людськими ресурсами також може набути наступного вигляду:

$$C_{УЛР} = k_{КП}^C \cdot C_{заг} + k_{БК}^C \cdot C_{заг} + k_{СМ}^C \cdot C_{заг} + k_{РК}^C \cdot C_{заг}$$

Розрахунок вартості категорії **організація будівельного процесу**:

$$C_{ОБП} = k_{ОБП}^C \cdot C_{заг} = 0.134 \cdot C_{заг}$$

Розрахунок умов вартості що входять до категорії організація будівельного процесу:

$$C_{ТК} = k_{ТК}^C \cdot C_{заг} = 0.006 \cdot C_{заг}$$

$$C_{КЯ} = k_{КЯ}^C \cdot C_{заг} = 0.037 \cdot C_{заг}$$

$$C_{ІЦП} = k_{ІЦП}^C \cdot C_{заг} = 0.053 \cdot C_{заг}$$

$$C_{АР} = k_{АР}^C \cdot C_{заг} = 0.038 \cdot C_{заг}$$

Загальна формула визначення вартості категорії організація будівельного процесу також може набути наступного вигляду:

$$C_{ОБП} = k_{ТК}^C \cdot C_{заг} + k_{КЯ}^C \cdot C_{заг} + k_{ІЦП}^C \cdot C_{заг} + k_{АР}^C \cdot C_{заг}$$

Розрахунок вартості категорії **зовнішні фактори впливу**:

$$C_{\text{ЗФВ}} = k_{\text{ЗФВ}}^C \cdot C_{\text{заг}} = 0.053 \cdot C_{\text{заг}}$$

Розрахунок умов вартості що входять до категорії зовнішні фактори впливу:

$$C_{\text{КУ}} = k_{\text{КУ}}^C \cdot C_{\text{заг}} = 0.017 \cdot C_{\text{заг}}$$

$$C_{\text{НО}} = k_{\text{НО}}^C \cdot C_{\text{заг}} = 0.015 \cdot C_{\text{заг}}$$

$$C_{\text{РЗ}} = k_{\text{РЗ}}^C \cdot C_{\text{заг}} = 0.011 \cdot C_{\text{заг}}$$

$$C_{\text{СПС}} = k_{\text{СПС}}^C \cdot C_{\text{заг}} = 0.009 \cdot C_{\text{заг}}$$

Загальна формула визначення вартості категорії зовнішні фактори впливу також може набути наступного вигляду:

$$C_{\text{ЗФВ}} = k_{\text{КУ}}^C \cdot C_{\text{заг}} + k_{\text{НО}}^C \cdot C_{\text{заг}} + k_{\text{РЗ}}^C \cdot C_{\text{заг}} + k_{\text{СПС}}^C \cdot C_{\text{заг}}$$

Розрахунок вартості категорії **інновації та впровадження нових технологій**:

$$C_{\text{ІВНТ}} = k_{\text{ІВНТ}}^C \cdot C_{\text{заг}} = 0.238 \cdot C_{\text{заг}}$$

Розрахунок умов вартості що входять до категорії інновації та впровадження нових технологій:

$$C_{\text{БР}} = k_{\text{БР}}^C \cdot C_{\text{заг}} = 0.060 \cdot C_{\text{заг}}$$

$$C_{\text{ДМ}} = k_{\text{ЗД}}^C \cdot C_{\text{заг}} = 0.057 \cdot C_{\text{заг}}$$

$$C_{\text{ДБЕ}} = k_{\text{ДБЕ}}^C \cdot C_{\text{заг}} = 0.061 \cdot C_{\text{заг}}$$

$$C_{\text{ВШІ}} = k_{\text{ВШІ}}^C \cdot C_{\text{заг}} = 0.06 \cdot C_{\text{заг}}$$

Загальна формула визначення вартості категорії інновації та впровадження нових технологій також може набути наступного вигляду:

$$C_{\text{ІВНТ}} = k_{\text{БР}}^C \cdot C_{\text{заг}} + k_{\text{ЗД}}^C \cdot C_{\text{заг}} + k_{\text{ДБЕ}}^C \cdot C_{\text{заг}} + k_{\text{ВШІ}}^C \cdot C_{\text{заг}}$$

Розрахунок вартості категорії **BIM-технології (Building Information Modeling)**:

$$C_{\text{BIM}} = k_{\text{BIM}}^C \cdot C_{\text{заг}} = 0.264 \cdot C_{\text{заг}}$$

Розрахунок умов вартості що входять до категорії BIM-технології (Building Information Modeling):

$$C_{\text{BM}} = k_{\text{BM}}^C \cdot C_{\text{заг}} = 0.057 \cdot C_{\text{заг}}$$

$$C_{\text{CP}} = k_{\text{CP}}^C \cdot C_{\text{заг}} = 0.047 \cdot C_{\text{заг}}$$

$$C_{\text{AP}} = k_{\text{AP}}^C \cdot C_{\text{заг}} = 0.055 \cdot C_{\text{заг}}$$

$$C_{\text{MA}} = k_{\text{MA}}^C \cdot C_{\text{заг}} = 0.050 \cdot C_{\text{заг}}$$

$$C_{\text{ERP}} = k_{\text{ERP}}^C \cdot C_{\text{заг}} = 0.055 \cdot C_{\text{заг}}$$

Загальна формула визначення вартості категорії BIM-технології (Building Information Modeling) також може набути наступного вигляду:

$$C_{\text{BIM}} = k_{\text{BM}}^C \cdot C_{\text{заг}} + k_{\text{CP}}^C \cdot C_{\text{заг}} + k_{\text{AP}}^C \cdot C_{\text{заг}} + k_{\text{MA}}^C \cdot Q_{\text{заг}} + k_{\text{ERP}}^C \cdot C_{\text{заг}}$$

Загалом, у межах даного розділу ґрунтовно розглянуто механізм реалізації впровадження дослідження трьох основних критеріїв — тривалість, трудомісткість і вартість, кожен із яких обчислюється із залученням спеціальних коефіцієнтів. Такий підхід дозволяє точно адаптувати методику оцінювання до специфічних особливостей досліджуваної системи та дає змогу водночас проаналізувати часові, ресурсні й фінансові аспекти реалізації процесів. Застосування коефіцієнтів підвищує гнучкість і точність розрахунків, оскільки враховує різноманітні зовнішні та внутрішні чинники. Завдяки цьому вдається визначити оптимальну послідовність дій, виявити потенційні «вузькі місця» ще на етапі планування, а також скерувати зусилля на ефективніше використання наявних ресурсів. У результаті зростає точність прогнозів, спрощується процес прийняття управлінських рішень і забезпечується раціональніше розподілення коштів та людських ресурсів, що в підсумку позитивно позначається на показниках реалізації проєкту.

3.3. Формування комплексу прикладних програм та рекомендацій щодо застосування результатів дослідження в практиці адміністрування будівельних організацій

Формування комплексу прикладних програм та рекомендацій щодо застосування результатів дослідження в практиці адміністрування будівельних організацій є важливим кроком для переведення теоретичних напрацювань у реальну практику управлінської діяльності. Враховуючи складність і багатогранність процесів, що здійснюються в будівельній галузі, а також необхідність адаптації до швидко змінюваного ринкового середовища, результати дослідження орієнтовані на створення зручних, інтуїтивно зрозумілих та високоефективних інструментів для менеджерів і адміністраторів будівельних організацій. Комплекс прикладних програм включає в себе розробку програмних рішень для організаційно-технологічного моделювання, оптимізації виробничих програм та моніторингу виконання завдань. Ці програми повинні забезпечувати інтеграцію даних, автоматизувати процеси планування, розподілу ресурсів, аналізу ризиків та контролю за виконанням робіт у реальному часі. Крім того, розроблені рекомендації спрямовані на удосконалення управлінських стратегій, зокрема щодо адаптації до змін в умовах ринку праці, варіативності матеріальних ресурсів і вартості будівельних робіт. Застосування результатів дослідження в практиці адміністрування дозволить знизити витрати, підвищити ефективність управління, поліпшити якість виконуваних робіт і забезпечити своєчасне виконання проектів.

На підставі розробленої концептуальної моделі та визначеного організаційно-економічного механізму впровадження формується комплекс практичних рекомендацій, спрямованих на підвищення ефективності механізму реалізації дослідження. Зокрема, концептуальна модель виступає фундаментом, що визначає основні принципи, підходи та взаємозв'язки між ключовими елементами дослідження, тоді як організаційно-економічний

механізм забезпечує структуровану систему заходів, методів та інструментів, необхідних для його успішного впровадження. Взаємодія цих двох складових створює умови для практичного застосування отриманих результатів та їх інтеграції в реальні управлінські або виробничі процеси. Формування практичних рекомендацій має бути спрямоване на конкретизацію та адаптацію запропонованих теоретичних положень до умов практичної діяльності. Це передбачає розробку чітких алгоритмів дій, вибір оптимальних управлінських рішень, визначення необхідних ресурсів та інструментів, а також оцінку потенційних ризиків і шляхів їх мінімізації. Крім того, комплекс рекомендацій повинен враховувати динамічні зміни зовнішнього середовища, можливі обмеження та специфіку впровадження механізму в конкретних умовах. Це дозволить не лише підвищити ефективність реалізації дослідження, а й сприятиме досягненню очікуваних результатів з мінімальними витратами часу та ресурсів.

Представлений комплекс практичних рекомендацій, спрямованих на впровадження модернізованої системи планування, розроблено з урахуванням результатів проведеного дослідження. Він ґрунтується на всебічному аналізі теоретичних засад управління та практичних аспектів оптимізації управлінських процесів. Застосування практичних рекомендацій дозволяє не лише забезпечити ефективність розробленої системи, а й адаптувати її до сучасних викликів ринкового середовища. Комплексний характер аналізу, що ліг в основу рекомендацій, сприяє вдосконаленню механізмів раціонального використання ресурсів, забезпечуючи їх оптимальний розподіл відповідно до стратегічних цілей підприємства. Це, у свою чергу, дозволяє зменшити втрати, підвищити продуктивність та мінімізувати ризики, пов'язані з невизначеністю та змінами у зовнішньому середовищі. Окрім того, рекомендації орієнтовані на підвищення ефективності проєктного менеджменту, що передбачає вдосконалення методів планування, контролю та оцінки результативності реалізації проєктів. Використання сучасних управлінських інструментів і технологій сприятиме своєчасному виявленню проблемних аспектів та

оперативному прийняттю рішень, що позитивно вплине на кінцеві показники діяльності будівельних підприємств. Додатково, запропоновані заходи сприятимуть підвищенню гнучкості управлінських процесів, що є критично важливим у динамічному ринковому середовищі. Гнучке планування дозволить підприємствам швидко реагувати на зміни попиту, регуляторні вимоги та нові технологічні можливості, що забезпечить їхню конкурентоспроможність і стійкість до зовнішніх викликів. Таким чином, реалізація розроблених рекомендацій сприятиме не лише оптимізації внутрішніх процесів будівельних підприємств, а й зміцненню їхніх позицій на ринку, підвищенню прибутковості та довгостроковій стабільності функціонування. Ці рекомендації доцільно поділити на такі групи:

1. Інтеграція цифрових технологій:

- Рекомендується активно використовувати сучасні цифрові інструменти, такі як BIM (Building Information Modeling), ERP-системи, хмарні платформи для планування та управління проектами. Ці технології дозволяють автоматизувати багато процесів, зменшити кількість помилок та підвищити точність планування.
- Впровадження IoT (Internet of Things) для моніторингу стану техніки та будівельних майданчиків у реальному часі дозволяє оперативно реагувати на зміни та уникнути простоїв.

2. Оптимізація ресурсного планування:

- Для ефективного розподілу ресурсів рекомендується використовувати спеціалізоване програмне забезпечення, таке як MS Project або Primavera тощо. Ці інструменти дозволяють враховувати всі аспекти проекту, включаючи людські, матеріальні та фінансові ресурси.
- Важливо регулярно оновлювати дані щодо наявності ресурсів та їх використання, щоб уникнути перевантаження або нестачі.

3. Підвищення кваліфікації персоналу:

- Для успішного впровадження нових технологій та методів планування необхідно інвестувати в навчання та підвищення кваліфікації працівників. Це включає тренінги з використання цифрових інструментів, управління проектами та аналізу ризиків.
- Рекомендується розробити систему мотивації, яка заохочує працівників до постійного вдосконалення своїх навичок та ефективної роботи.

4. Впровадження системи управління ризиками:

- Для мінімізації впливу непередбачуваних обставин рекомендується розробити комплексну систему управління ризиками. Це включає регулярний моніторинг потенційних загроз, розробку планів дій у разі форс-мажорних ситуацій та страхування проектів.
- Використання штучного інтелекту для прогнозування ризиків та оптимізації планів дозволяє зменшити ймовірність виникнення проблем та їх наслідків.

5. Екологічні стандарти та інновації:

- Впровадження екологічних стандартів, таких як LEED або BREEAM, не лише підвищує енергоефективність будівельних проектів, але й покращує їхню привабливість для інвесторів та кінцевих споживачів.
- Рекомендується використовувати інноваційні технології, такі як 3D-друк будівельних елементів, які дозволяють зменшити витрати на матеріали та скоротити час виконання робіт.

6. Створення експертних рад на рівні регіонів:

- Міжвідомча взаємодія представників будівельних компаній, органів місцевого самоврядування, фінансових установ та академічних установ з метою оперативної оцінки ринкових і

технічних ризиків, а також для обміну досвідом у сфері планування.

- Формування рекомендацій щодо реінжинірингу бізнес-процесів на основі синтезу висновків Розділу 1 (еволюція планових методів) та Розділу 2 (систематизація чинників).

Для обґрунтованого підтвердження ефективності впроваджених рекомендацій та отримання всебічної оцінки результативності модернізованої системи планування необхідно здійснювати систематичний моніторинг та аналіз її впливу на ключові показники діяльності будівельних підприємств, що охоплюють як управлінські, так і виробничо-господарські аспекти. Зокрема, доцільно оцінювати такі параметри, як оперативність і точність планування, рівень оптимізації використання ресурсів, гнучкість управлінських процесів, що дозволяє своєчасно адаптувати діяльність підприємства до змін у ринковому середовищі. Одночасно важливо аналізувати показники продуктивності праці, фінансово-економічні результати, рівень якості виконаних робіт, що безпосередньо впливають на конкурентоспроможність і стабільність функціонування підприємства. Здійснення такого комплексного підходу до оцінки ефективності дозволить не лише визначити ступінь досягнення поставлених цілей, а й виявити потенційні напрямки для подальшої оптимізації управлінських процесів, сприяючи підвищенню ефективності роботи підприємства в умовах динамічного ринкового середовища. Ці показники можна згрупувати таким чином, враховуючи їхній вплив на різні аспекти діяльності:

1. Фінансово-економічні:

- Рівень рентабельності будівельних проєктів;
- Оборотність матеріально-технічних ресурсів;
- Стабільність фінансових потоків (рівномірність завантаження виробничих потужностей).

2. Організаційні:

- Тривалість циклу проєктно-будівельних робіт

(дотримання/перевищення планових термінів);

- Частка проєктів, реалізованих із застосуванням гнучких методів управління та контролю.

3. Соціальні:

- Кваліфікаційний рівень персоналу (показники професійного зростання);
- Рівень задоволеності працівників умовами праці та системою мотивації;
- Плинність кадрів у галузі.

4. Інноваційні:

- Кількість використаних новітніх технологій (BIM, мобільні додатки для контролю, автоматизовані логістичні системи тощо);
- Відсоток залучення інвестицій у R&D проєкти (інноваційні матеріали, енергоефективні рішення, “розумне будівництво”).

Систематичний моніторинг зазначених показників дозволить отримати об'єктивну оцінку ефективності впровадження модернізованої системи планування, надаючи можливість виявляти сильні та слабкі сторони управлінських процесів і виробничо-господарської діяльності підприємства. Завдяки цьому можна своєчасно вносити необхідні корективи, забезпечуючи відповідність стратегії та тактики управління актуальним вимогам ринкового середовища та внутрішнім потребам організації. Окрім цього, постійний аналіз результатів дозволяє приймати обґрунтовані рішення щодо подальшого вдосконалення системи планування, підвищення продуктивності та оптимізації ресурсів, що в кінцевому підсумку сприяє зміцненню конкурентоспроможності та довгостроковій стабільності функціонування підприємства.

У процесі функціонування будівельних підприємств така модернізація системи планування відіграє ключову роль у формуванні раціональної технологічної послідовності робіт, оптимізації використання ресурсів та забезпеченні належної якості результатів. Для підтвердження ефективності

заходів, пов'язаних із впровадженням удосконалених підходів до планування, доцільно оцінювати їхній вплив на такі важливі аспекти реалізації будівельних проєктів, як терміни виконання, трудомісткість, витрати, якість будівельних робіт і конкурентоспроможність підприємства. Подальша аргументація та конкретні приклади дозволять детальніше продемонструвати позитивні зміни у кожній із зазначених груп показників, підтверджуючи доцільність і результативність модернізованого підходу до планування.

1. Скорочення термінів виконання проєктів:

- Завдяки впровадженню сучасних методів планування та автоматизації процесів, час виконання будівельних робіт може бути значно скорочений. Наприклад, використання BIM-технологій дозволяє уникнути колізій на етапі проєктування, що зменшує кількість переробок та затримок.
- За даними дослідження, впровадження модернізованої системи планування дозволяє скоротити загальний термін виконання проєктів на 15-20%.

2. Зниження трудомісткості:

- Автоматизація рутинних процесів, таких як розрахунки, моніторинг стану техніки та управління ресурсами, дозволяє зменшити навантаження на персонал та підвищити продуктивність праці.
- Використання робототехніки та дронів для моніторингу дозволяє скоротити кількість ручної праці та зменшити трудомісткість окремих операцій на 25-30%.

3. Оптимізація витрат:

- Модернізована система планування дозволяє більш точно розраховувати витрати на матеріали, обладнання та робочу силу. Це дозволяє уникнути перевитрат та раціонально використовувати бюджет проєкту.
- Завдяки впровадженню інноваційних технологій, таких як 3D-

друк та штучний інтелект, загальна вартість проектів може бути зменшена на 10-15%.

4. Підвищення якості будівельних робіт:

- Використання сучасних методів планування та контролю якості дозволяє мінімізувати кількість помилок та дефектів на всіх етапах будівництва. Це позитивно впливає на загальну якість виконаних робіт та задоволеність клієнтів.
- Регулярний моніторинг та аналіз даних у реальному часі дозволяє оперативно виявляти відхилення від проекту та вчасно їх усувати.

5. Підвищення конкурентоспроможності:

- Впровадження модернізованої системи планування дозволяє будівельним компаніям швидше реагувати на зміни ринкових умов, пропонувати більш конкурентоспроможні ціни та терміни виконання робіт. Це сприяє збільшенню частки ринку та залученню нових клієнтів.
- Використання інноваційних підходів та екологічних стандартів підвищує імідж компанії та робить її більш привабливою для інвесторів.

Використання практичних порад та виконання своєчасної оцінки результатів дозволяє мінімізувати кількість помилок та дефектів на всіх етапах будівництва, що позитивно впливає на загальну якість виконаних робіт та задоволеність клієнтів. Регулярний моніторинг та аналіз даних у реальному часі дозволяє оперативно виявляти відхилення від проекту та вчасно їх усувати. Впровадження модернізованої системи планування дозволяє будівельним компаніям швидше реагувати на зміни ринкових умов, пропонувати більш конкурентоспроможні ціни та терміни виконання робіт, що сприяє збільшенню частки ринку та залученню нових клієнтів. Така модернізована система планування, заснована на сучасних технологіях та інноваційних підходах, є ключовим фактором підвищення ефективності будівельної діяльності. Вона дозволяє скоротити терміни виконання проектів,

знизити трудомісткість та витрати, підвищити якість робіт та конкурентоспроможність будівельних компаній. Для успішного впровадження такої системи необхідно враховувати всі аспекти будівельного процесу, включаючи управління ресурсами, ризиками та персоналом, а також активно використовувати цифрові технології та інновації.

ВИСНОВКИ ДО ТРЕТЬОГО РОЗДІЛУ

1. У третьому розділі на базі наукових досліджень висвітлено концептуальні засади оптимізації планування програми діяльності будівельної організації (ПДБО). Розглянуто комплекс критеріїв, що впливають на результативність проєктів, а також визначено оптимальний науково-методичний інструментарій впровадження рішень. Окрему увагу приділено організаційно-економічним інструментам, що покликані забезпечити гнучкість, зниження ризиків та підвищення якості будівельних робіт. Представлені практичні рекомендації та показники оцінки ефективності дозволяють сформулювати системне уявлення про те, яким чином будівельні підприємства можуть зміцнити свої позиції на ринку та закласти основу для довготривалого зростання.
2. Інтеграція результатів дозволяє отримати узагальнену картину дослідження. На основі висновків із Розділу 1, де було висвітлено еволюцію планування у будівельній галузі та визначено нагальні виклики й перспективи модернізації, та результатів Розділу 2, де систематизовано чинники впливу на ефективність будівництва, сформовано узагальнену концептуальну модель ефективного планування. Ця модель враховує багатовекторний характер критеріїв та передбачає комплексні підходи до моніторингу, аналізу й реагування на змінні ринкові умови.
3. Формування механізму впровадження забезпечує ефективну реалізацію змін. Запропонований організаційно-економічний механізм реалізації передбачає створення відповідних інституційних структур, побудову гнучкої системи економічного стимулювання та впровадження новітніх цифрових технологій. Особливий наголос робиться на впровадженні коефіцієнтів ефективності для кожної категорії умов задля досягнення довгострокової стійкості будівельних підприємств у конкурентному середовищі.

4. Практичні рекомендації сприяють ефективному застосуванню отриманих результатів. Сформовані пропозиції (створення регіональних експертних рад, впровадження системи раннього попередження ризиків, інтеграція цифрових технологій, підвищення привабливості галузі для кваліфікованого персоналу тощо) спрямовані на підвищення стійкості будівельних підприємств до коливань ринку, поліпшення якості та скорочення термінів виконання проєктів.
5. Оцінка впливу на ефективність допомагає визначити результативність заходів. Виокремлення груп показників (фінансово-економічних, організаційних, соціальних і інноваційних) є необхідним елементом контролю ефективності впроваджуваних заходів і дає змогу своєчасно виявляти відхилення від заданих цілей, оперативно коригувати плани та процедури.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Дисертація присвячена удосконаленню та обґрунтуванню комплексного підходу до інтегрованого організаційно-технологічного моделювання (ІОТМ) та оптимізації програми діяльності будівельних організацій (ПДБО), що включає адаптивні методи планування, новітні критерії ефективності та інноваційні технології для підвищення продуктивності, скорочення витрат і мінімізації ризиків у реалізації будівельних проєктів.

Інноваційною сутністю представленого дослідження, що вирізняє його *значення для науки*, є розробка та обґрунтування комплексного підходу до організаційно-технологічного моделювання та оптимізації програми будівельних робіт, який інтегрує новітні підходи й науково-прикладні інструменти для підвищення ефективності планування та реалізації проєктів. Запропонована наукова модель оптимізації будівельних проєктів базується на сучасних технологіях та адаптивному плануванні, що дозволяє динамічно реагувати на зміни у проєктних вимогах і зовнішніх факторах, мінімізуючи витрати часу, ресурсів та фінансових затрат. Удосконалені критерії ефективності та адаптивності виробничих програм будівельних організацій сприяють оптимізації розподілу трудових, матеріальних і фінансових ресурсів, що забезпечує скорочення строків виконання проєктів без втрати якості. На відміну від традиційних підходів, розроблені механізми дозволяють будівельним організаціям швидше адаптуватися до змін ринкового середовища, знижувати ризики та підвищувати конкурентоспроможність. Запропоновані у дисертації рішення є важливим внеском у розвиток науки про програму діяльності будівельної організації (ПДБО), оскільки створюють передумови для формування ефективної, гнучкої та стійкої будівельної програми, що відповідає сучасним викликам галузі.

За підсумками проведених досліджень було одержано наступні висновки:

1. У ході цього дослідження проведено глибоке вивчення існуючих підходів до планування та оптимізації виробничих програм діяльності будівельної організації, а також проаналізовано процедури формування детальних робочих планів. Це дало змогу обґрунтувати ключові висновки та визначити основні положення, що слугують теоретичною базою для подальшого удосконалення системи управління будівельними процесами.
2. Визначено та сформульовано ключові аспекти наукової роботи, зокрема актуальність, мету, об'єкт та предмет дослідження. На основі проведеного аналізу можна стверджувати, що актуальність дослідження обумовлена сучасними викликами, з якими стикаються будівельні організації в умовах динамічно змінюючого ринку, зростаючої конкуренції та необхідності ефективного управління ресурсами.
3. Головним елементом виступає оптимізація програми діяльності будівельної організації (ПДБО), яка встановлює конкретні обсяги та строки виконання робіт для кожного об'єкта. Вона виступає основним інструментом для контролю прогресу та коригування дій у разі відхилень.
4. Інтегроване організаційно-технологічне моделювання (ІОТМ) є основою для узгодження потреб у різних видах ресурсів для поточних та перспективних проєктів з реальними можливостями будівельних організацій. Це сприяє дотриманню встановлених термінів виконання робіт та оптимізації використання трудових і матеріально-технічних ресурсів. Поточне моделювання має критичне значення в системі управління для організацій, що одночасно здійснюють будівництво на декількох майданчиках.
5. Ключовим компонентом системи діяльності будівельної організації виступає функціональна підсистема збалансованого розподілу різних ресурсів між будівельними об'єктами та видами робіт. Ця підсистема забезпечує ефективне управління як матеріальними, так і трудовими

- ресурсами, що веде до мінімізації витрат та оптимізації будівельних процесів.
6. Виконання будівельної програми діяльності будівельних організацій (ПДБО) залежить від забезпечення максимального та безперервного завантаження її виробничих підрозділів, що сприяє підвищенню трудової продуктивності та зменшенню простоїв. Досягти цього можна шляхом збалансованого розподілу робіт між різними будівельними об'єктами, що дозволяє ефективно використовувати кадрові ресурси та матеріально-технічну базу. Подальше вдосконалення цих процесів підсилює загальну ефективність виробництва та підвищує конкурентоспроможність підприємства на ринку.
 7. Процес оптимізації планів будівельної діяльності є ключовим елементом діяльності будівельних організацій, оскільки він забезпечує стратегічну стабільність та здатність оперативно пристосовуватися до змін ринкового середовища. Ефективне планування дозволяє оптимізувати використання ресурсів, знижувати витрати та підвищувати продуктивність, водночас сприяючи зростанню конкурентоспроможності компанії завдяки можливості швидко реагувати на коливання попиту й пропозиції в галузі.
 8. У межах другого розділу здійснено комплексний аналіз чинників, які визначають ефективність діяльності будівельних організацій, з акцентом на специфіку їх організації, взаємодію та програму діяльності будівельної організації. Дослідження дозволило виокремити ключові аспекти, що впливають на продуктивність будівельного процесу, зокрема роль планово-організаційної підготовки (у тому числі проєктування та коригування робочої документації), систему матеріально-технічного забезпечення (вчасне постачання ресурсів, моніторинг стану техніки), управління людськими ресурсами (рівень кваліфікації та мотивації персоналу), а також впровадження цифрових технологій та інновацій (BIM, робототехніка, 3D-друк) для оптимізації

- робочих процесів і підвищення загальної ефективності будівництва.
9. Проведений аналіз створює основу для розробки рекомендацій щодо вдосконалення процесів управління та планування в будівельних організаціях. Використання запропонованих інструментів і підходів сприятиме підвищенню конкурентоспроможності, ефективності та стійкості організацій у динамічному середовищі будівельної галузі.
 10. Одним із ключових висновків цього дослідження є розуміння мультифакторного впливу зовнішніх чинників на тривалість будівельних робіт, зокрема кліматичних (сезонність, екстремальні погодні явища), непередбачуваних (природні катастрофи, пандемії), регуляторних (оновлення будівельних норм, зміни дозвільних процедур) і соціально-політичних (рівень стабільності, інвестиційна привабливість), що вимагає системного підходу до їх аналізу та прогнозування, передбачає гнучке планування, розробку планів реагування на ризики, коригування проектної документації відповідно до регуляторних змін, а також моніторинг соціально-політичного середовища, аби мінімізувати затримки та фінансові втрати й забезпечити ефективну реалізацію будівельних проєктів.
 11. Аналіз критеріїв, що впливають на тривалість виробничих процесів у будівництві, свідчить про різноманіття умов, які визначають ефективність проєктів. Слід відокремити вагомий вплив зовнішніх факторів, серед яких ключову роль відіграють кліматичні умови, непередбачувані обставини, регуляторні зміни та соціально-політична стабільність. Важливе місце посідають інновації та впровадження нових технологій, особливо використання штучного інтелекту, 3D-друку та дронів для моніторингу. BIM-технології забезпечують ефективне віртуальне моделювання, автоматизацію розрахунків та інтеграцію з ERP-системами та ІІІ. Серед проектно-організаційних факторів значний вплив мають технологічні рішення та інтеграція екологічних стандартів.
 12. За рівнем трудомісткості встановлено, що найвищий вплив на

трудомісткість будівельних процесів мають постачання будівельних матеріалів, ресурсне планування та кваліфікація працівників, оскільки вони визначають безперервність, ефективність і якість виконання робіт. Зокрема, затримки у постачанні матеріалів можуть спричинити простої, що негативно впливає на дотримання термінів виконання проєкту. Ефективне ресурсне планування забезпечує оптимальний розподіл матеріалів, техніки та людських ресурсів, що дозволяє знижувати втрати часу та підвищувати продуктивність праці. Водночас, рівень кваліфікації працівників безпосередньо впливає на якість виконання завдань, швидкість їх реалізації та обсяги виправлень, необхідних у разі помилок. Усі ці фактори взаємопов'язані та потребують комплексного підходу до їх оптимізації для забезпечення мінімізації трудовитрат та підвищення загальної ефективності будівельних процесів.

13. Вплив чинників на рівень вартості будівельних процесів встановив, що найбільший фінансовий тиск створюють впровадження високотехнологічних рішень, таких як 3D-друк будівельних елементів, робототехніка, штучний інтелект та віртуальне моделювання, через високу вартість обладнання, ліцензійного програмного забезпечення та спеціалізованого навчання. Окрім початкових витрат на придбання і впровадження таких технологій, значними є також витрати на адаптацію існуючих будівельних процесів до нових методів, підтримку та модернізацію обладнання, а також забезпечення безперервної кваліфікації персоналу. Впровадження цих рішень вимагає значного початкового інвестування, яке може бути виправдане лише за умов довгострокового планування та великих обсягів будівництва, що дозволяє окупити інновації через підвищення продуктивності, точності виконання робіт і зменшення помилок.

14. У розділі відображено важливість сучасних підходів до планування і контролю виконання робіт. Використання технологічних карт, цифрових інструментів, таких як Building Information Modeling (BIM), та

інноваційних технологій, зокрема робототехніки, дронів і 3D-друку, дозволяє значно скоротити витрати часу, підвищити точність і забезпечити прозорість процесів. Важливо зазначити, що BIM-технології, згідно з дослідженням, забезпечують найбільший внесок у підвищення ефективності управління будівельними проєктами завдяки інтеграції даних і покращенню комунікації між учасниками.

15. Дослідження підтвердило доцільність використання методів критеріального аналізу та інтегрованого організаційно-технологічного моделювання (ІОТМ) для кількісної оцінки впливу різних змінних на виробничі показники. Інтеграція таких підходів у практику дозволяє не лише визначити ключові зони впливу, але й обґрунтувати ефективність стратегій з оптимізації ресурсів та зниження витрат. Запропоновано використовувати коефіцієнт конкордації Кендалла як інструмент для валідації експертних оцінок і підвищення достовірності результатів.
16. У третьому розділі на базі наукових досліджень висвітлено концептуальні засади оптимізації планування програми діяльності будівельної організації (ПДБО). Розглянуто комплекс критеріїв, що впливають на результативність проєктів, а також визначено оптимальний науково-методичний інструментарій впровадження рішень. Окрему увагу приділено організаційно-економічним інструментам, що покликані забезпечити гнучкість, зниження ризиків та підвищення якості будівельних робіт. Представлені практичні рекомендації та показники оцінки ефективності дозволяють сформулювати системне уявлення про те, яким чином будівельні підприємства можуть зміцнити свої позиції на ринку та закласти основу для довготривалого зростання.
17. Інтеграція результатів дозволяє отримати узагальнену картину дослідження. На основі висновків із Розділу 1, де було висвітлено еволюцію планування у будівельній галузі та визначено нагальні виклики й перспективи модернізації, та результатів Розділу 2, де

систематизовано чинники впливу на ефективність будівництва, сформовано узагальнену концептуальну модель ефективного планування. Ця модель враховує багатовекторний характер критеріїв та передбачає комплексні підходи до моніторингу, аналізу й реагування на змінні ринкові умови.

- 18.Формування механізму впровадження забезпечує ефективну реалізацію змін. Запропонований організаційно-економічний механізм реалізації передбачає створення відповідних інституційних структур, побудову гнучкої системи економічного стимулювання та впровадження новітніх цифрових технологій. Особливий наголос робиться на впровадженні коефіцієнтів ефективності для кожної категорії умов задля досягнення довгострокової стійкості будівельних підприємств у конкурентному середовищі.
- 19.Практичні рекомендації сприяють ефективному застосуванню отриманих результатів. Сформовані пропозиції (створення регіональних експертних рад, впровадження системи раннього попередження ризиків, інтеграція цифрових технологій, підвищення привабливості галузі для кваліфікованого персоналу тощо) спрямовані на підвищення стійкості будівельних підприємств до коливань ринку, поліпшення якості та скорочення термінів виконання проєктів.
- 20.Оцінка впливу на ефективність допомагає визначити результативність заходів. Виокремлення груп показників (фінансово-економічних, організаційних, соціальних і інноваційних) є необхідним елементом контролю ефективності впроваджуваних заходів і дає змогу своєчасно виявляти відхилення від заданих цілей, оперативно коригувати плани та процедури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Арутюнян І. А., Ажажа О. В., Кузнецов В.В., Арутюнян Є. Е. Розвиток інноваційних технологій в будівництві та цивільній інженерії в умовах цифровізації економіки України. Дніпро, 2024. с. 5-12.
2. Арутюнян І. А., Ажажа О. В., Полтавець М. О. Перспективні тенденції гармонійних можливостей під час оптимізації виробничих систем будівництва. Дніпро, 2021. с. 66-72.
3. Арутюнян І. А., Арутюнян Є. Е. Оптимізація будівельного виробництва за рахунок систематехнічних та логістичних підходів. Київ, 2021. с. 12-18.
4. Арутюнян І. А., Коваленко М. Г. Складання цільової функції на постачання матеріальних ресурсів в будівельній галузі з врахуванням фізичних показників. Дніпро, 2022. с. 13-20.
5. Арутюнян І. А., Радкевич А. В., Сайков Д. В., Радкевич А. В. Становлення сучасних регіональних будівельних ринків в умовах динамічних економічних перетворень. Дніпро, 2019. с. 267-269.
6. Арутюнян І. А., Сайков Д. В. Впровадження оптимізаційних моделей як метод контролінгу та забезпечення показників організаційних процесів будівельного виробництва. Запоріжжя, 2019. с. 60-64.
7. Арутюнян І. А., Шуваєв А.. Ефективність інтегрованого управління потоками вторинних ресурсів у будівельній галузі. Дніпро, 2021. с. 15-25.
8. Арутюнян І.А., Коваленко М.Г.. Детерміновані та недетерміновані фактори, що впливають на вихідні умови задач оптимізаційно-організаційних процесів будівельного виробництва. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. Київ, 2020. с. 59–66.
9. Арутюнян І.А., Коваленко О.С. Оптимізація організаційних процесів у цивільному будівництві за допомогою логістичних моделей. Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. 2024. № 25. с. 13-19.

10. Безз С.П., Клеваків Ю.Г. Автоматизовані системи управління будівництвом: навчальний посібник. Рівне, 2002. 288 с.
11. Бушуєв С. Д., Дорош М. С., Шакун Н. В. Інноваційне мислення при формуванні нових методологій управління проектами. Управління розвитком складних систем. 2016. с. 49 – 57.
12. Бушуєв С. Д., Ярошенко Ф. А., Танака Х. Управління інноваційними проектами та програмами на основі системи знань Р2М: монографія. Київ, 2011. 263 с.
13. Бушуєв, С. Д., Бушуєва Н. С., Бабаєв І. А. Креативні технології в управлінні проектами та програмами. Київ, 2010. 768 с.
14. Бушуєва Н. С. Моделі та методи проактивного управління програмами організаційного розвитку. Київ, 2007. 199 с.
15. Бушуєва Н. С., Ярошенко О. Ф., Ярошенко Р. Ф. Управління проектами та програмами організаційного розвитку. Київ, 2010. 198 с.
16. В.О. Тімофєєва, І.В. Чумаченко. Моделювання процесів в економіці та управлінні проектами з використанням нових інформаційних технологій. Харків, 2015. 244 с.
17. Вахович І. В., Дем'яненко О. О., Дубінін Д. В. Методичні та практичні підходи і принципи впровадження BIM-технологій у діяльність учасників будівництва. Шляхи підвищення ефективності будівництва. 2023. No51. с. 290-299.
18. Грицина Н., Рагулін В. Аналіз сучасних програмних рішень BIM при моделюванні споруд. Прикладні питання математичного моделювання. 2020. No 3 (2). с. 133 – 139.
19. Данченко О. Б. Методологія інтегрованого управління відхиленнями в проєктах : автореф. дис... д-ра техн. наук : 05.13.22. Київ. нац. ун-т буд-ва і архітектури. Київ, 2015. 45 с.
20. Данченко О. Б. Савіна О. Ю. Проєктний менеджмент: управління проєктами та портфелями проєктів у наукомістких галузях. Черкаси, 2023. 316 с.

21. Данченко О. Б., Бедрій Д. І., Семко О. В., Заяц О. В. Метод управління інформаційними ризиками в проєктах діджиталізації бізнес-процесів. Харків, 2022. с. 25–29.
22. Данченко О. Б., Корейба А. З. Аналіз синергетичного підходу до управління проєктами. Харків, 2022. с. 30-34.
23. Данченко О. Б., Корейба А. З. Результативна постановка задач в командах проєктів. Київ, 2023. с. 214-217.
24. Данченко О. Б., Ткаченко Ф. В. Оптимізація управління бізнес-процесами в інжинірингових компаніях. Київ, 2024. с. 97-104.
25. ДБН А.3.1-5-2016. Організація будівельного виробництва. Київ, 2016. 52 с.
26. Доненко В. І., Іщенко О. Л., Вакулюк Я. Є. BIM-технології як метод оптимізації використання ресурсів в будівельній галузі. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 2019. № 41. с. 141 – 147.
27. Доненко В. І. Формування організаційно-технологічної моделі оцінки будівельного проєкту в системі менеджменту якості. Дніпро, 2013. с. 137-141.
28. Доненко В. І., Антипенко Є. Ю., Іщенко О. Щ., Кулік М. В. Шляхи покращення систем використання та обслуговування засобів механізації будівельних підприємств. Київ, 2013. с. 178-187.
29. Доненко В. І., Бобраков А. А., Бейнер Н. В., Чечель М. В. Іваненко Д. С. Аналіз функціональності логістичного управління для ефективного управління ланцюгом постачання у будівництві. Київ, 2024. с. 151-158.
30. Доненко В., Бейнер Н., Бейнер П., Кулик М., Іваненко Д. Вплив технології BIM на підвищення ефективності вирішення колізій у інженерних системах будівництва. 2024.
Доненко В. І., Бобраков А. А., Іваненко Д. С. Удосконалення ресурсозабезпечення при відновленні будівель з використанням Artificial Intelligence. Київ, 2023. с. 62-72.

31. Доненко В., Луьянова Т. В. Виявлення та оцінка недоліків і потенційних можливостей впровадження BIM-технологій для моделювання проекту реновації об'єктів незавершеного будівництва. Дніпро, 2019. 257-258 с.
32. Доненко В., Хасан А. Інформаційне моделювання будівель: загальний огляд. Київ, 2019. с. 94-104.
33. ДСТУ Б А.3.1-22:2013. Визначення тривалості будівництва об'єктів. Київ, 2014. 30 с.
34. Євдокименко В. М., Кириченко О. С. Аналіз методів управління ризиками проектної діяльності промислових підприємств. Сучасні проблеми економіки та підприємництва. 2014. с. 236–242.
35. Єгорченкова Н. Ю., Сазонов, А. В. Організація портфеля проектів фінансових компаній на основі процесного підходу. Управління розвитком складних систем. 2021. с. 27 – 34.
36. Знамеровська А. О., Король С. Я. Інформаційні технології управлінської звітності. Молодий вчений. № 11. (75). 2019. с. 497–501.
37. Кавецький В. В., Лавута С. В. Особливості сучасних систем планування виробничої діяльності. Вінниця, 2016 р. с. 1759-1765.
38. Київська К., Лузіна Ю. Перспективи впровадження BIM-технологій у вітчизняній будівельній галузі. Управління розвитком складних систем. 2021. №46. с. 63 – 69.
39. Кириченко О. С., Федчишен В. А. Особливості управління проектними та операційними ризиками в організації. Управління проектами у розвитку суспільства. Тези доповідей XIV міжнародної науково-практичної конференції. Київ, 2022. с. 120–124.
40. Кірнос В.М., Залунін В.Ф., Даливеріна Л.Н. Організація будівництва: навчальний посібник. Дніпро, 2005. 309 с.
41. Ковалевська А. В. Антикризове управління підприємством: конспект лекцій з дисципліни. Харків, 2016. 140 с.

42. Коник В.В., Гавриляк А.С., Петрушка Т.О. Організація виробництва: підручник. Львів, 2020. 256 с.
43. Космаччук Л.Г. Організація і планування будівельного виробництва. Київ, 2008. 559 с.
44. Кривов'язюк І. В. Антикризове управління підприємством: навчальний посібник. 3-тє вид. доповн. і переробл. Київ, 2020. 396 с.
45. Мудрий І. Б. Вплив BIM-технологій на розробку технологічних карт будівельних процесів. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. 2021. №15. с. 41 -46.
46. Мудрий І. Б. Перспективи використання технології інформаційного моделювання при розробці проектів організації будівництва. Науковий вісник будівництва. Київ, 2020. №100 (2). с. 132 – 137.
47. Нікольський В. В. Циклічно-генетична методологія управління проектами організації системи інтермодального хабу в умовах невизначеності. Управління розвитком складних систем. Київ, 2020. № 43. с. 40–46.
48. Осипов О. Ф. Система обґрунтування та вибору організаційно-технологічних рішень реконструкції будівель. Київ, 2015.
49. Осипов О. Ф., Осипов С. О. Основи формалізації факторів, що впливають на технологію відновлення будівельних конструкцій. Київ, 2023. с. 12-20.
50. Осипов О., Лека Д. Р. Інвестиційна привабливість реконструкції житлових будинків перших масових серій. Київ, 2020. с. 105-106.
51. Осипов О.Ф., Тугай О.А., Ємельянова О.М., Демидова О.О. Аналітичні механізми для визначення ключових інвестиційних пріоритетів у будівельному секторі. Шляхи підвищення ефективності будівництва. Київ, 2025. №55(1). 230-245 с.
52. Павлов І.Д., Пінегорлінська О.А. Технологія, організація та планування будівництва: навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія». Запоріжжя, 2018. 186 с.

53. Поколенко В.О., Рижаков Д. А., Петруха С. В., Івахненко І. С., Предун К. М., Приходько О.О., Ніколаєв Г. В. Інформаційно-аналітичні новації та бізнес-моделі управління підприємством в сучасній системі будівельного девелопменту. Київ, 2022. с. 103-112.

54. Полтавець М.О. Технологія та організація міського будівництва: навчально-методичний посібник для студентів ЗДДА спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації «Міське будівництво та господарство». Запоріжжя, 2018. 164 с.

55. Поплавська Ж. В., Полянська А. С. Зміна парадигми стратегічного управління на підприємстві в умовах сучасного розвитку. Львів, 2002. с. 109-116.

56. Приходько Д., Курикін О., Шепета М., Кузміч Я., Кузнецов О. Теоретичні аспекти та практичні рекомендації формування інноваційної системи будівельного підприємства. Шляхи підвищення ефективності будівництва. Київ, 2023. №52(1). с. 345–362.

57. Приходько Д., Малихін М., Гергі М., Кацюба І., Кирик Я., Жалдак Р. Розвиток інтеграційних моделей управління операційними системами будівельних проєктів у мультипроєктному середовищі. Просторовий розвиток. Київ, 2024. с. 365-377.

58. Приходько Д., Шпаков А., Геращенко О., Кіщак Н., Чуприна Х., Роговченко В., Горбач М. Оцінка структурної конфігурації корпоративних відносин у контексті організаційного розвитку проєктно-орієнтованих підприємств. Шляхи підвищення ефективності будівництва. Київ, 2022. с. 93-102.

59. Приходько Д.О, Кравець А. Р. Проєктний підхід в антикризовому управлінні підприємством. Харків, 2020. с. 178-179.

60. Приходько Д.О., Рєвунов О.М., Рижакова Г.М., Малихіна О.М., Предун К.М., Орленко І.М. Аналітичні інструменти діагностики систем менеджменту якості підприємств-стейкхолдерів будівельних проєктів. Управління розвитком складних систем. Київ, 2021. № 45. с. 161 – 169.

61. Приходько Д.О., Дикий О.В., Малихіна О.М., Валінкевич Н.В., Іщенко Т.М., Савчук Т.В. Економіко-інституціональні аспекти формування портфеля девелопера: зміна парадигми й інноваційні рішення управління. Управління розвитком складних систем. Київ, 2021. № 47. с. 119 – 129.

62. Приходько Д.О., Зайчук С.В., Кучеренко О.І., Федорова Я.Ю. Концептуально-аналітичні особливості атрибуції мультипроектної діяльності підприємств у середовищі будівельного девелопменту. Управління розвитком складних систем. Київ, 2023. № 56. с. 138 – 146.

63. Приходько Д.О., Петровська Д.В. Інноваційні механізми управління інвестиційними проектами. Київ, 2022. с. 107-110.

64. Тугай О. А., Шатрова І. А., Демидова О. О., Савенко В. І., Ворніческу О. С. Ефективність виконання робіт житлового будівництва комплексними бригадами і оптимізація тривалості будівництва. Київ, 2022 рік. с. 68-74.

65. Тугай О. А., Ємельянова О. М., Титок В.В., Клис М. В., Шебек М. О. та інші. Організація та управління будівництвом: методичні вказівки до виконання курсової роботи. Київ, 2023. 51 с.

66. Тугай О. А., Зельцер Р. Я., Погорельцев В. М., Зельцер Є. Р. Організація будівельної діяльності. Київ, 2019. 315 с.

67. Тугай О., Дворнічен І., Олійник В., Зяхор Д., Молодько О. Використання теоретико-прикладного інструментарію для оптимізації інвестиційно-будівельних проектів. Шляхи підвищення ефективності будівництва. Київ, 2024. с. 156–163.

68. Тугай О., Іванейко І., Дубинка О., Шебек М., Іванейко М., Олійник В. Вплив періоду згортання потоків у промисловому будівництві без застосування додаткового трудового ресурсу. Шляхи підвищення ефективності будівництва. Київ, 2023. с. 171–180.

69. Тугай О.А., Єсипенко А.Д., Пилипчук О.Д., Молодько О.В., Зяхор Д.О. Удосконалення організаційно-технологічного інструментарію оцінки

ефективності будівельно-інвестиційних проектів. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах. Київ, 2023. с. 234 - 240.

70. Тугай О.А., Поколенко В. О., Рижакова Г. М., Приходько Д. б. Лагутіна З. В., Стеценко Є. П. Модернізовані інструменти девелоперського управління будівництвом. Шляхи підвищення ефективності будівництва в ринкових відносин. Київ, 2012. с. 86 - 98.

71. Тугай О.А., Поколенко В.О., Єсипенко А.Д., Дубинка О.В. Загальний план і фази впровадження BIM-концепції у будівельній галузі. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. Київ, 2021. с. 3-14.

72. Тугай О.А., Самаха, Т. Визначення впливу навантаження на будівлі для подальшого оптимального вибору організаційно технологічного рішення будівельного проекту. Шляхи підвищення ефективності будівництва. Київ, 2022. с. 137–146.

73. Тугай О.А., Титок В.В., Ємельянова О.М., Демидова О.О., Шатрова І.О., Шебек М.О., Дубинка О.В., Клис М.В., Савенко В.І., Поколенко В.О., та інші. Організація та управління будівництвом. Київ, 2024.

74. Уपाцький С.А., Шейко Ю.П., Тригер Г.М. та ін., Організація будівництва. Київ, 2007. 521 с.

75. Філіппов О. В., Шумак Л. В. BIM-технології інформаційного моделювання будівель на стадії проектування: національний і зарубіжний досвід. Building production.2024. No75. с. 39-53.

76. Чернишев Д. О., Дружинін М. А., Малихіна О. М., Предун К. М., Петруха С. В. Формування методичного підґрунтя інвестиційного контролінгу на платформі BIM-технологій: сучасна практика містобудівних інновацій. Сучасні проблеми архітектури та містобудування. 2019. N55. с. 243 – 260.

77. Ярошенко Ф. А., Бушуєв С. Д., Азаров Н. Я. Інноваційні механізми управління програмами розвитку. Київ, 2011. 528 с.

78. Ярошенко Ф. А., Бушуєв С. Д., Танака Х. Керівництво з управління інноваційними проєктами та програмами на основі системи знань Р2М. Київ, 2012. 272 с.

79. APICS. Operations Management Body of Knowledge Framework, Third Edition. 2017. 69 p.

80. Arutiunian I., Dankevych N., Arutiunian Y., Saikov D., Poltavets M., Frolov D. Development of a mathematical model for selection and rationale for making optimal construction decisions. *Advances in Mathematics: Scientific Journal*. 2020. T. 9. № 12. pp. 10649-10659.

81. Arutiunian I., Dankevych N., Saikov D. Efficiency evaluation of organisational processes system in a building production with simulation modeling for contracting companies. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2021. № 19. pp. 99-107.

82. Arutiunian Y., Arutiunian I. , Azhazha M., Mikhailutsa O., Pozhuyev A. Modeling Of Management Decisions Of Organization Of Production Systems. *International journal of computer science and network security*. 2021. T. Volume: 21 . № Issue: 7. pp. 87-92.

83. Arutiunian, I, Poltavets, M.; Achacha, M; Bondar, O; Pavlov, F; Gerasymenko, O; Kulinich, T. Effective Concepts of Harmonious Management of Production Systems. *International Journal of Computer Science and Network Security*. 2021. № 3. pp. 141-144.

84. Atkinson, R., Crawford, L., & Ward, S. Fundamental uncertainties in projects and the scope of project management. *International Journal of Project Management*, 24(8). 2006. pp. 687-698.

85. Blyth, K. Developing a framework for a standardized works programme for building projects. *Construction Innovation*. 2004. pp. 193-210.

86. Bondar A., Bushuyev S., Bushuieva V., Onyshchenko S. Complementary strategic model for managing entropy of the organization. *CEUR Workshop Proceeding*. 2021. pp. 293-302.

87. BS ISO 21500:2021. Project, programme and portfolio management. Context and concepts. ISO. 32 p.
88. BS ISO 21502:2020. Project, programme and portfolio management. Guidance on project management. ISO. 64 p.
89. BS ISO 21503:2023. Project, programme and portfolio management. Guidance on programme management. ISO. 28 p.
90. BS ISO 21505:2017. Project, programme and portfolio management. Guidance on governance. ISO. 32 p.
91. Bushuyev, S., Bushuyeva, N., Bushuiev, D. & Bushuieva, V. Project management intelligence architecture. 2022. pp. 6 – 12.
92. Bushuyev, S., Kozyr, B., Zapryvoda, A. Nonlinear strategic management of infrastructure programs Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries, No. 4 (10). 2019. pp. 14–23.
93. Bushuyev, S., Onyshchenko, S., Bushuyeva, N., Bondar, A. Modelling projects portfolio structure dynamics of the organization development with a resistance of information entropy. International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies. 2021. pp. 293-298.
94. Collier, Ken. Agile Analytics: A Value-Driven Approach to Business Intelligence and Data Warehousing (Agile Software Development Series). Addison-Wesley Professional. 2011. 368 p.
95. Curlee Wanda, Gordon Robert L. Complexity Theory and Project Management. 2010. 416 p.
96. Donenko V., Tikhonova O., Selikhova Ya., Kulik M., Frolov D., Iasechko M. Aspects Of Architectural Design Using BIM Technologies. International Journal of Computer Science and Network Security, 2022. VOL.22 No.1, pp. 85-92.
97. Grover, P., Kar, A., & Dwivedi, Y. Understanding artificial intelligence adoption in operations management: insights from the review of academic literature and social media discussions. Annals of Operations Research. 2020. pp. 177-213.

98. Harold Kerzner. Project management best practices achieving global excellence second edition. New York: International Institute for Learning, Inc. 2010. 684 p.
99. Hofmann A., Scordis Nicos A. Challenges in Applying Risk Management Concepts in Practice: A Perspective. Risk Management and Insurance Review. Vol. 21. 2018. pp. 309-333.
100. Huemann M., Silvius G. Projects to create the future: Managing projects meets sustainable development. Int J Proj Manag. 2017. pp. 1066–1070.
101. IPMA. Individual Competence Baseline for project, programme & portfolio management. Version 4.0. IPMA Editorial Committee. 2015. 431 p.
102. IPMA. Organisational Competence Baseline (IPMA OCB) for Developing Competence in Managing by Projects. Version 1.1. International Project Management Association, Amsterdam, 2016. 105 p.
103. Joslin R., Müller R. The impact of project methodologies on project success in different project environments. International Journal of Managing Projects in Business. 2016. 364 p.
104. Landage, A.. Risk Management in Construction Industry. International Journal of Engineering Research, 5, 2016. pp. 153-155.
105. Larman, Craig. Agile and Iterative Development: A Manager's Guide. Addison-Wesley. 2004. 27 p.
106. Lawrence, J. R., & Mantel, S. J. Jr. Project Management A Managerial Approach, (6th ed.) New York: John Wiley & Sons. 2005. 688 p.
107. Morris, P. W. and Pinto, J. C. The Wiley Guide to Project, Program, and Portfolio Management. 2007. 368 p.
108. Osipov A.F. The quantum model of intelligence development – as a theoretical basis for the theory of technological development. Construction technology life cycles. Ways to improve construction efficiency. 53(1). 2024. pp. 3–20.
109. Osipov A.F., Chernenko K.V. Information Model of the Process of Lifting Long Span Roof. Science and innovation. 16(4). 2020. pp. 3-10.

110. Ostojić, B. & Dobarčić, E. Exploring trends in the development of competencies of project managers in the process of digitalization of society and the industrial revolution, 9. 2020. pp. 1-13.
111. Peiris, F. K. P. Hui, C. Duffield, J. Wang, M. G. Garcia, Y. Chen, T. Ngo. Digitalising modular construction: Enhancement of offsite manufacturing productivity via a manufacturing execution & control (MEC) system. *Computers & Industrial Engineering*. 2023. Vol. 178.
112. Pérez F., Gómez T., Caballero R., Liern V. Project portfolio selection and planning with fuzzy constraints. 2018. pp. 117-129
113. Pich M. T., Loch C. H., & De Meyer A. On uncertainty, ambiguity, and complexity in project management. *Management Science*, 48(8). 2002. pp. 1008–1023.
114. PMAJ. A Guidebook of Program & Project Management for Enterprise Innovation, Third Edition P2M, Project Management Association of Japan, 2017. 427 p.
115. PRINCE2® 7. Managing Successful Projects. Global Best Practice. PeopleCert. 2023. 347 p.
116. Project Management Institute. The Standard For Program Management. Fourth Edition. Project Management Institute, 2017. 179 p.
117. Project Management Institute. The Standard for Project Management and a Guide to the Project Management Body of Knowledge – Seventh Edition. USA, 2021. 250 p.
118. Santos C., Araújo M. Requirements for a project evaluation and selection methodology. 3rd International Conference on Project Evaluation ICOPEV, Guimarães, Portugal. 2016. pp. 49-52.
119. Sharp J. H., Ryan S. D. Global Agile Team Configuration. *Journal of Strategic Innovation and Sustainability*. Vol. 7. No. 1. 2011. pp. 120–134.
120. Silva V. B. S., Schramm, F., & Damasceno, A. C. A multicriteria approach for selection of agile methodologies in software development projects.

2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC). Budapest, Hungary, 2016. pp. 2056-2060.

121. Snowden D. J., Boone M. E. 'A Leader's Framework of Decision Making', Harvard Business Review. 2007. pp. 69–76.

122. Spundak M. Mixed agile/traditional project management methodology – reality or illusion? IPMA World Congress. Procedia – Social and Behavioral Sciences, Vol.119. 2014. pp. 939–948.

123. Suanda, B. Advance & Effective Project Management. Jakarta: PT. PP Construction. 2016. 231 p.

124. T. Hanif, M. Limbachiya. Selecting the right project management approach using. 24th World Conference IPMA. Istanbul, Turkey, 2010. pp. 183–189.

125. Todorović, M. Petrović D., Mihić M., Obradović V., Bushuyev S. Project success analysis framework: A knowledge-based approach in project management. International Journal of Project Management. Volume 33, Issue 4. 2015. pp.772-783.

126. UNE ISO 21504:2023. Project, programme and portfolio management. Guidance on portfolio management. ISO, 43 p.

127. Vale, J. W.S.P., & Carvalho, M. M. D. Risk and uncertainty in projects management: literature review and conceptual framework. Revista GEPROS, 12(2). 2017. 93 p.

128. Ward, S. & Chapman, C. Transforming project risk management into project uncertainty management. International Journal of Project Management, 21(2). 2003. pp. 97-105.

129. Wiley Blackwell. Construction Planning, Programming and Control. 2025. 704 p.

130. Y. Celik, I. Petri, Y. Rezgui. Integrating BIM and Blockchain across construction lifecycle and supply chains. Computers in Industry. 2023. Vol. 148.

131. Ying Liu, Yan-Kui Liu. Distributionally robust fuzzy project portfolio optimization problem with interactive returns. 2017. pp. 655-668.

ДОДАТКИ

Інформація щодо впровадження результатів:

ТОВ «Експертиза-С», 03066, м. Київ, вул. Малинова, 8

Код ЄДРПОУ 21580935

№18/3 _____ від 21.01.2025 р.

*Завідувачеві кафедри ОУБ КНУБА
д.т.н., професору Тугаю О.А.*

Інформація щодо впровадження результатів дисертаційної роботи

Войтовича Владислава Анатолійовича на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» присвячена розробці ефективних методів та технологій організаційно-технологічного моделювання та девелопменту річної програм робіт.

У роботі особливу увагу приділено аналітичним, інноваційним і технологічним аспектам оптимізації процесів планування, координації та управління будівельними проектами, що забезпечує їх ефективне виконання у сучасних умовах ринку. Після детального опрацювання та схвалення наукових результатів Войтовича В.А. керівництвом компанії, вони були належно впроваджені в процес підготовки і адміністрування програми робіт компанії ТОВ «Експертиза-С» на 2024 рік.

Зокрема, застосовано наступні ключові розробки здобувача:

1. Модернізована методика організаційно-технологічного моделювання, яка охоплює:

- впровадження сучасних інструментів та підходів до розробки організаційно-технологічних моделей, що сприяють підвищенню ефективності планування будівельних робіт.

- використання BIM-технологій для створення детальних інформаційних моделей будівельних процесів, що дозволяє значно покращити прогнозування, контроль та управління ресурсами на всіх етапах реалізації проектів.

2. Алгоритм формалізованої розробки програми робіт та девелоперських проєктів, який спирається на:

- комплексний підхід до організаційно-технологічного моделювання та планування, який враховує кількісні та якісні параметри будівельних процесів.

- оптимізацію управлінські процеси для зниження ризиків, скорочення термінів реалізації проектів та підвищення ефективності використання матеріальних і фінансових ресурсів.

Практичне впровадження результатів дисертаційного дослідження дозволило досягти наступних значних покращень у роботі ТОВ «Експертиза-С»:

- *збільшення функціональної продуктивності адміністрування будівельними проектами в рамках програми робіт:* впроваджені методики та технології сприяли покращенню прогнозування, контролю та управління процесами будівництва, що позитивно позначилося на якості виконання робіт.

- *оптимізацію девелоперських процесів:* нові підходи до розробки та реалізації девелоперських проєктів забезпечили більш раціональну організацію будівельних процесів, зменшення ризиків та підвищення загальної рентабельності проєктів.

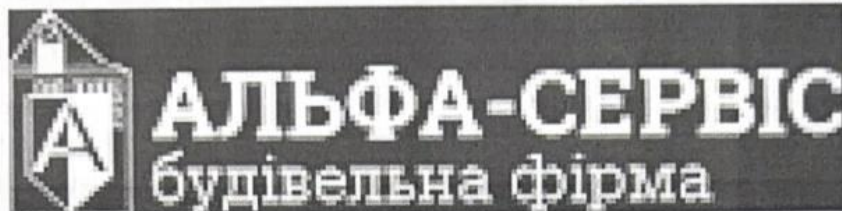
- *поліпшене управління ресурсами:* використання запропонованих в роботі організаційно-технологічних моделей та методик дозволило більш точно прогнозувати та контролювати витрати, що сприяло більш ефективному використанню ресурсів.

Впровадження результатів дослідження в діяльність ТОВ «Експертиза-С» значно підвищило якість будівельних робіт та ефективність процесів управління проектами. За підсумками оцінки результативності річної програми робіт ТОВ «Експертиза-С» виявлено зростання фактичного річного виробітку на 1 працівника в компанії (тис.грн./чол.*рік) на 8,14%, а скорочення витрат на управлінський супровід склало в порівнянні із запланованими показниками на 11,7%. Зазначені результати дають підстави компанії високо оцінити фахову зрілість Войтовича Владислава Анатолійовича, а саме на рівні, який відповідає вимогам здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Директор
канд. техн. наук



Павленко В.П.



03048, м.Київ, Солом'янський район, ВУЛИЦЯ ЕРНСТА, будинок 16-Б,
приміщення 201 тел. (044) 2386511 Код ЄДРПОУ 22965175

Вих.№67/12 від 15.03.2024 р.

Проректору з наукової роботи КНУБА
К.т.н., ст.наук. співр. Ковальчуку О.Ю.

***Про підсумки впровадження наукових результатів здобувача КНУБА
Войтовича В. А. в практику адміністрування проєктами, які
готувались та виконувались ТОВ «Архітектурно-будівельні новації»***

Повідомляємо про позитивні результати взаємодії нашої компанії із здобувачем ступеня «доктор філософії» в КНУБА Войтовичем Владиславом Анатолійовичем. Компанія ознайомилась із науково-прикладним доробком здобувача Войтовича В.А., який був сформований ним при підготовці дисертації на здобуття наукового ступеня PhD на тему: «Організаційно-технологічне моделювання та девелопмент програми робіт будівельної організації».

В складі цього доробку компанією при підготовці технічних обґрунтувань проєкту, було використано наступні компоненти доробку здобувача:

- модернізовані базові принципи забезпечення успішного організаційно-технологічного девелопменту при упорядкуванні робіт та проєктів в єдину річну програму робіт- насамперед, обґрунтуванні принципів сталого техніко-технологічного розвитку, функціонально-вартісне зростання підприємства та ретельне бюджетування;
- суттєво оновлені локальні та інтегральні критерії оцінювання та відбору річної програми робіт, які при формуванні програми робіт на 2023-2024 рр. дозволили компанії як врахувати ускладнені організаційно-технологічні та ресурсно-логістичні можливості компанії, так і успішно реалізувати набутий компанією виробничий та управлінський досвід для одержання значних конкурентних переваг при одержанні та впровадженні замовлень на виконання будівельних та спеціальних робіт по проєктам

впродовж 2023-24 рр. Завдяки більш точній оцінці необхідних ресурсів забезпечується скорочення строків реалізації проєктів без втрати якості виконаних робіт. Крім того, удосконалені критерії враховують сучасні вимоги до управління будівельними процесами, включаючи необхідність швидкої адаптації до змін у зовнішньому середовищі, що дозволяє компанії залишатися конкурентоспроможною навіть у нестабільних умовах ринку.

В подальшій діяльності компанія планує застосувати аналітично-розрахункові модулі створеного здобувачем *комплексу прикладних програм для одержання додаткових* можливостей у вдосконаленні процесів планування та управління ресурсами в будівельній компанії. Він інтегрує сучасні методики організаційно-технологічного моделювання, аналізу, прогнозування та оптимізації, що дає змогу точніше визначати обсяги робіт, ефективніше розподіляти наявні ресурси та встановлювати реалістичні строки виконання проєктів. Важливою перевагою цього підходу є можливість адаптації планів у реальному часі з урахуванням змін ринкових умов, доступності матеріалів, фінансових можливостей та інших факторів, що впливають на хід будівництва.

Результатом впровадження розробок автора стало суттєве поліпшення рівня достовірності та діджитал-адаптованості управлінських рішень щодо проєкту будівництва, що дозволило скоротити поточні витрати девелопменту проєкту на 3,8% та скоротити тривалість обґрунтувань проєктно-кошторисної документації по різних проєктів з 1,8 до 2,3 місяців.

Зазначена продуктивність використання отриманих здобувачем результатів свідчить про значну практичну цінність науково-прикладного доробку, одержаного Войтовичем В.А. при підготовці дисертації на здобуття наукового ступеня PhD. Вважаємо, що позитивна думка компанії про фахову компетентність Войтовича В.А. в рамках застосованого ним науково-прикладного доробку, буде важливим аргументом щодо наступного прийняття рішення щодо присудження Владиславу Анатолійовичу ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Заступник директора



Кравченко А.В.

ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ

«МАРСТОН ГРУП»

04655, Україна, місто Київ, вулиця Глибочицька, 72, к.309-311.

Вих. № 29-3 від 16.03.2024 р.

*Про підсумки впровадження результатів дисертаційної роботи
Войтовича В.А. «Організаційно технологічне моделювання та девелопмент
програми робіт будівельної організації» за спеціальністю 192 «Будівництво
та цивільна інженерія»*

Цей документ підтверджує, що наукові дослідження Войтовича Владислава Анатолійовича були успішно випробувані на практиці в будівельній компанії ТОВ «Марстон Груп». У ході співпраці з аспірантом КНУБА Войтовичем В. А. його наукові напрацювання були інтегровані в процеси обґрунтування організаційно-технологічних рішень у межах реалізації проєкту, що втілювався компанією у 2023 р. Зокрема, було використано такі розробки:

- *створена автором комплексна модель оптимізації будівельних проєктів, заснована на сучасних технологіях і методах адаптивного планування, що сприяє зниженню витрат та покращенню ефективності використання ресурсів, забезпечуючи адаптацію до змін у вимогах проєкту та зовнішніх умовах;*
- *оновлений перелік критеріїв оцінювання ефективності та гнучкості виробничих програм будівельних компаній, що дозволяє точніше аналізувати розподіл ресурсів, скорочувати терміни виконання робіт без втрати якості, а також швидко адаптуватися до змін ринку;*
- *розширений набір організаційно-технологічних модулів для планування й управління виробничими програмами, який поєднує сучасні методи аналізу, прогнозування та оптимізації, що підвищує ефективність управлінських рішень, мінімізує ризики та сприяє досягненню стратегічних цілей компаній.*

Розроблений автором підхід до формалізованого опису діяльності будівельних компаній у межах проєкту дозволив забезпечити об'єктивне оцінювання організаційно-технологічних рішень як на рівні всього будівельного проєкту, так і стосовно окремих підрядних організацій. Завдяки цьому вдалося скоротити період підготовки та обґрунтування річної

програми компанії на 2,1 місяці, а також зменшити відповідні витрати на 67,2 тис. грн.

Результати впровадження наукових і прикладних розробок Войтовича В. А. у процесі організаційно-технологічного моделювання та управління девелоперськими проєктами підтверджують високий рівень запропонованих інновацій, що відповідає кваліфікаційним вимогам наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

ДИРЕКТОР



Міронов О.О.