

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

*Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису*

ІЧЕТОВКІН АРТЕМ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 69: 658.5

ДИСЕРТАЦІЯ

**МЕХАНІЗМ ВИБОРУ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ
НА ПІДГРУНТІ ІНТЕГРОВАНОГО УПРАВЛІННЯ БУДІВЕЛЬНИМИ
ПРОЦЕСАМИ**

192 – Будівництво та цивільна інженерія

19 – 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



А.О. Ічетовкін

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

Запоріжжя - 2024

АНОТАЦІЯ

Ічетовкін А.О. МЕХАНІЗМ ВИБОРУ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ НА ПІДҐРУНТІ ІНТЕГРОВАНОГО УПРАВЛІННЯ БУДІВЕЛЬНИМИ ПРОЦЕСАМИ. – *Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.*

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 «Будівництво і цивільна інженерія». – Запоріжжя, Запорізький національний університет, 2024.

Дисертаційна робота пропонує новий підхід до вирішення актуального науково-прикладного завдання, що стосується розробки механізму вибору організаційно-технологічних рішень для оптимізації управління будівельними процесами. Цей підхід ґрунтується на інтегрованому управлінні та створенні автоматизованого процесу критеріальної модифікації показників будівельних робіт, який враховує змінні умови вітчизняного ринку та спрямований на підвищення конкурентоспроможності підрядних підприємств.

Основи структурної логіки роботи розкривають тенденції векторного розвитку виробничо-технологічного та організаційного потенціалу будівельних організацій в умовах реального часу. Це відбувається в контексті зменшення невідповідності показників якості, надійності, мінімізації ризиків від впливів факторів зовнішнього середовища з метою підвищення ефективності організаційно-технологічних рішень протягом усього виробничого циклу будівництва.

Необхідність впровадження нових сучасних інтегрованих методів управління в будівельній сфері пояснюється тим, що ця галузь, так само як і інші сектори економіки, пережила значні турбулентності через пандемію COVID-19 та військову агресію. Зниження обсягу будівельних робіт призвело до загального спаду в галузі. Зараз оцінюється, що будівельна та всі супутні

галузі зазнали 20% зниження. Отже, зростання ризиків, розширення їх впливу та наростання наслідків у майбутньому вимагатиме від будівельних компаній непередбачуваних рішень та надзвичайних методів управління.

Актуальність даної наукової дисертації полягає у важливості побудови ефективних стратегій управління будівельними процесами в умовах сучасного часу. Зростання конкурентної боротьби, швидкі технологічні зміни та вимоги до економічної ефективності вимагають від організацій будівельної галузі надійних інструментів для прийняття рішень.

І підґрунтям такого інструментарію буде слугувати інтегроване управління будівельними процесами, що надасть можливість підвищення продуктивності, зниженні витрат та мінімізації ризиків. Однак, не зважаючи на існуючі технології та методи, існують виклики в практичному застосуванні цих підходів, такі як неоднорідність інформації, складність взаємодії між учасниками будівельного процесу, а також потреба в постійному адаптивному управлінні.

Тому пропонується розробити механізм вибору організаційно-технологічних рішень, який буде базуватися на принципах інтегрованого управління та враховувати складну специфіку будівельних процесів.

Аналітична доктрина створює передумови до застосування інтегрованого управління з використанням відповідних організаційно-технологічних рішень, що здатні задовольнити як вимоги надійності так і зменшення ризику в будівництві.

Тому пропонуємо, удосконалення концепції управління надійністю в умовах ризиків на основі моделі системної динаміки (SD), використовуючи інтегрований підхід,

Іншими словами, розвиток системи будівельних процесів визначає вектор вибору організаційно-технологічних рішень з метою забезпечення надійності будівництва в умовах допустимого ризику на підґрунті інтегрованого управління, що, в свою чергу, визначило аналітико-методологічний базис та хід подальших досліджень.

Оптимізація організаційно-технологічних рішень має на меті вибір із можливих альтернатив варіанту, при якому з урахуванням певних умов та вимог до цільових показників надійності, безпеки та функціональності, забезпечується максимальне скорочення термінів виконання робіт при ефективному використанні матеріально-технічних ресурсів.

Оптимальність рішень забезпечується на основі варіантного проектування і всебічного аналізу альтернатив. Основою оптимізаційного пошуку є розділення процесу проектування на етапи, що дає можливість аналізувати організаційно-технологічні зв'язки між окремими елементами і проводити порівняння етапних варіантів між собою, або з базисним (аналоговим) варіантом на кожному етапі. При цьому важливим, є визначення критеріїв оптимальності, які здебільшого є індивідуальними для кожного будівельного об'єкта та його черги.

Розробка математичного інструментарію враховує умови зазначеного завдання, тобто існує процес (PP_1), де підприємство планує мінімізувати (\min) вартість витрат (W) та оптимально їх розподілити по 1 об'єкту в 3 черги, є вимоги: ресурси (V) та тривалість (T), враховуючи військовий стан в країні, що є одним з ключових факторів зовнішнє середовище – фактори (H), які впливають на значення вимог по об'єкту, існують ризики (R), компроміси (K) та пріоритетність (P) процесу, які необхідно знайти. Потрібно отримати надійність процесу з урахуванням ризику, компромісів та пріоритетності та чи буде виконаний даний процес під впливом факторів визначення оптимальності організаційно-технологічних рішень на підґрунті інтегрованого управління будівельними процесами. Математичний інструментарій включає основні етапи:

- Розробка механізму вибору організаційно-технологічних рішень на підґрунті інтегрованого управління будівельними процесами – використовується факторний аналіз знаходження ризику на основі адитивної моделі, що враховує компроміси та їх математичну інтерпретацію; визначення пріоритетності процесу використовуючи платформу метода Сааті.

- Розробка алгоритму інтегрованого управління надійності організації будівельних процесів, основою слугує модель системи інтегрованого управління надійності.

- Формалізація процесу математичного розв'язання задачі функціонування системи інтегрованого управління будівельних процесів з урахуванням впливу ризиків будівельної галузі із використання програмного продукту C++.

Наукова новизна одержаних результатів віддзеркалена в якості розробки механізму вибору організаційно-технологічних рішень на підґрунті інтегрованого управління будівельними процесами результатом чого є отримання ефективного рішення що зводиться до такого:

вперше:

- обґрунтовано застосування інтегративної моделі управління ризиками та надійності в будівництві, що дає можливість запобігти протиріччю між вимогами надійності процесу будівництва та рівнем допустимих ризиків, також узгоджує їх із вимогами ефективності для забудовника;

- розроблено алгоритм інтегрованого управління надійності організації будівельних процесів;

- розроблено модель математичного інструментарію визначення оптимальності організаційно-технологічних рішень на підґрунті інтегрованого управління будівельними процесами, що враховує факторний аналіз знаходження ризиків на основі адитивної моделі, розглядаючи компроміси та їх математичну інтерпретацію; визначає пріоритетність процесу, використовуючи платформу метода Сааті;

- формалізовано процес математичного розв'язання задачі функціонування системи інтегрованого управління будівельних процесів з урахуванням впливу ризиків будівельної галузі із використання програмного продукту C++.

Отримали подальший розвиток:

- визначено ключові аспекти проблематики, яка є об'єктом дослідження, та сформульовано робочу гіпотезу. Проведений аналіз основних методів дослідження, встановлено внесок у науку та практику, а також виокремлено практичне значення отриманих результатів дисертаційного дослідження;

- положення вибору організаційно-технологічних рішень на підґрунті інтегрованого управління будівельними процесами;

- методика, у якій сформульовано аналітичну парадигму застосування інтегрованого управління з використанням відповідних організаційно-технологічних рішень, що здатні задовольнити як вимоги надійності так і зменшення ризику в будівництві.

удосконалено:

- процес вибору організаційно-технологічних рішень на підґрунті інтегрованого управління будівельними процесами, за рахунок системи управління, яка інтегрує в себе різні аспекти будівельної діяльності, такі як планування, координація, контроль і оцінка, з метою досягнення оптимальних результатів у будівництві.

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення отриманих результатів полягає в можливості впровадження розробленого механізму вибору організаційно-технологічних рішень на основі інтегрованого управління будівельними процесами в реальну будівельну практику. Це дозволить підприємствам будівельної галузі здійснювати ефективне управління будівельними проектами з урахуванням різних аспектів, таких як технологічні можливості, ресурси, вимоги замовників та ринкові умови.

Впровадження цього механізму дозволить зменшити ризики та витрати, підвищити якість та ефективність будівельних процесів. Крім того, це сприятиме підвищенню конкурентоспроможності підприємств на ринку будівельних послуг, забезпечить вчасне виконання проектів та задоволення потреб замовників. Таким чином, результати дослідження мають практичне

значення для подальшого розвитку будівельної галузі та підвищення її ефективності.

Методика вибору організаційно-технологічних рішень на основі інтегрованого управління будівельними процесами дозволяє: систематизувати інформацію про різні аспекти будівельних процесів; оцінювати різні варіанти вибору організаційно-технологічних рішень; враховувати різноманітні аспекти, такі як технічні можливості, вартість, час, якість, надійність; максимально оптимізувати процеси будівництва та ресурсного забезпечення, мінімізувати ризики та негативні впливи.

Отже впровадження розробленої методики дозволяє підприємствам будівельної галузі приймати обґрунтовані та оптимальні рішення з урахуванням всіх необхідних аспектів, що сприяє підвищенню ефективності та конкурентоспроможності на ринку.

Отримані результати підтверджено актами впровадження на підприємствах: ПП «АЛСТЕП» (м. Запоріжжя); ТОВ «ЗАПОРІЖБУДГРУП», (м. Запоріжжя), ТОВ «ПІ ЗПБП» (м. Запоріжжя).

Крім того, розроблена методика вибору організаційно-технологічних рішень на основі інтегрованого управління будівельними процесами знайшла застосування в навчальному процесі при проведенні лекцій і практичних занять з студентами Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету (Довідка про впровадження результатів дослідження).

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

Результати з належною повнотою відображені у 8 друкованих працях, з яких 4 праці опубліковано у виданнях, що включені до переліку фахових видань МОН України категорії «Б» та участь у 4 конференціях.

Ключові слова: будівництво, будівельні процеси, організаційно-технологічні рішення, математичне моделювання, інтегроване управління, проєкт, собівартість, економічний ефект.

ABSTRACT

Ichetovkin A.O. MECHANISM FOR CHOOSING ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS ON THE BASIS OF INTEGRATED MANAGEMENT OF CONSTRUCTION PROCESSES. – *Qualifying scientific work as a manuscript.*

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 192 "Construction and Civil Engineering". – Zaporizhzhia, Zaporizhzhya National University, 2024.

The dissertation offers a new approach to solving an urgent scientific and applied problem related to the development of a mechanism for choosing organizational and technological solutions to optimize the management of construction processes. This approach is based on integrated management and the creation of an automated process for modifying construction performance indicators, which takes into account the changing conditions of the domestic market and is aimed at increasing the competitiveness of contractors.

The fundamentals of the structural logic of the work reveal the tendencies of vector development of the production and organizational potential of construction organizations in real time. This happens in the context of minimizing deviations in quality indicators, leveling critical points of influence of factors, and deterministic allocation of resources to improve the efficiency of the system of organizational and technological solutions during the production cycle of construction.

The need to introduce new modern integrated management methods in the construction sector is explained by the fact that this industry, as well as other sectors of the economy, has experienced significant turbulence due to the COVID-19 pandemic and military aggression. The decrease in the volume of construction work led to a general decline in the industry. It is now estimated that the construction and all related industries have experienced a 20% decline. Therefore, the growth of risks,

the expansion of their impact and the growth of consequences in the future will require unpredictable decisions and extraordinary management methods from construction companies.

The relevance of this scientific dissertation lies in the importance of building effective strategies for managing construction processes in modern times. Increasing competition, rapid technological change, and cost-effectiveness requirements require reliable decision-making tools from organizations in the construction industry.

And integrated management of construction processes will serve as a tool for such a toolkit, which will provide an opportunity to increase productivity, reduce costs and minimize risks. However, despite the existing technologies and methods, there are challenges in the practical application of these approaches, such as the heterogeneity of information, the complexity of interaction between participants in the construction process, as well as the need for constant adaptive management.

Therefore, it is proposed to develop a mechanism for choosing organizational and technological solutions, which will be based on the principles of integrated management and take into account the complex specifics of construction processes.

The analytical paradigm creates the prerequisites for the application of integrated management with the use of appropriate organizational and technological solutions that can meet both the requirements of reliability and risk reduction in construction.

For this reason, we propose to improve the concept of reliability management in the face of risks based on the system dynamics (SD) model, using an integrated approach,

In other words, the development of the construction processes system determines the vector of choice of organizational and technological solutions in order to ensure the reliability of construction in conditions of acceptable risk on the basis of integrated management, which, in turn, determined the analytical and methodological basis and the course of further research.

Optimization of organizational and technological solutions is aimed at choosing from possible alternatives of the option, in which, taking into account certain conditions and requirements for the target indicators of reliability, safety and functionality, the maximum reduction in the time of work is ensured with the effective use of material and technical resources.

The optimality of solutions is ensured on the basis of variant design and comprehensive analysis of alternatives. The basis of the optimization search is the division of the design process into stages, which makes it possible to analyze the organizational and technological links between individual elements and compare the stage options with each other, or with the basic (analogous) option at each stage. At the same time, it is important to determine the criteria of optimality, which are mostly individual for each construction project and its stage.

The development of mathematical tools takes into account the conditions of the specified task, i.e. there is a process (PR_1), where the enterprise plans to minimize (min) the cost of costs (W) and optimally distribute them over 1 object in 3 stages, there are requirements: resources (V) and duration (T), taking into account the martial law in the country there is an external environment – factors (H) that affect the value of the requirements for the object, there are risks (R), trade-offs (K) and priority (P) of the process, that need to be found. It is necessary to obtain the reliability of the process, taking into account risk, trade-offs and priorities, and whether this process will be carried out under the influence of factors determining the optimality of organizational and technological solutions on the basis of integrated management of construction processes. Mathematical tools include the main stages:

- Development of an algorithm for integrated reliability management of the organization of construction processes, based on a model of the integrated reliability management system
- Formalization of the process of mathematical solution of the problem of functioning of the system of integrated management of construction processes,

taking into account the impact of risks of the construction industry using the C++ software product.

The scientific novelty of the obtained results is reflected in the development of a mechanism for selecting organizational and technological solutions on the basis of integrated management of construction processes, which results in obtaining an effective solution, which boils down to the following:

First:

- the application of an integrative model of risk management and reliability in construction is substantiated, which makes it possible to prevent a contradiction between the requirements for the reliability of the construction process and the level of acceptable risks, as well as harmonizes them with the requirements of efficiency for the developer;

- an algorithm for integrated management of the reliability of the organization of construction processes has been developed;

- a model of mathematical tools for determining the optimality of organizational and technological solutions on the basis of integrated management of construction processes has been developed, which takes into account the factor analysis of finding risks on the basis of an additive model, considering trade-offs and their mathematical interpretation; prioritizes the process using the Saati method platform;

- the process of mathematical solution of the problem of functioning of the system of integrated management of construction processes is formalized, taking into account the impact of risks of the construction industry from the use of the software product C++.

Further developed:

- The key aspects of the problem that is the object of research are identified and a working hypothesis is formulated. The analysis of the main research methods is carried out, the contribution to science and practice is established, and the practical significance of the results of the dissertation research is highlighted;

- provisions for the choice of organizational and technological solutions on the basis of integrated management of construction processes;
- methodology, which formulates an analytical paradigm for the application of integrated management with the use of appropriate organizational and technical solutions that can meet both the requirements of reliability and risk reduction in construction.

Improved:

- The process of selecting organizational and technological solutions on the basis of integrated management of construction processes, due to a management system that integrates various aspects of construction activities, such as planning, coordination, control and evaluation, in order to achieve optimal results in construction.

Practical significance of the results obtained. The practical significance of the obtained results lies in the possibility of introducing the developed mechanism for selecting organizational and technological solutions on the basis of integrated management of construction processes in real construction practice. This will enable enterprises in the construction industry to effectively manage construction projects, taking into account various aspects such as technological capabilities, resources, customer requirements and market conditions.

The implementation of this mechanism will reduce risks and costs, improve the quality and efficiency of construction processes. In addition, it will help increase the competitiveness of enterprises in the construction services market, ensure the timely implementation of projects and meet the needs of customers. Thus, the results of the study are of practical importance for the further development of the construction industry and increasing its efficiency.

The methodology of selection of organizational and technological solutions on the basis of integrated management of construction processes allows: to systematize information on various aspects of construction processes; evaluate various options for choosing organizational and technological solutions; take into account various aspects, such as technical capabilities, cost, time, quality, reliability;

optimize the processes of construction and resource provision as much as possible, minimize risks and negative impacts.

Thus, the implementation of the developed methodology allows enterprises of the construction industry to make informed and optimal decisions, taking into account all the necessary aspects, which contributes to increasing efficiency and competitiveness in the market.

The obtained results are confirmed by the acts of implementation at the enterprises: PE «ALSTEP» (Zaporizhzhia); LLC «ZAPOROZHBUDGROUP» (Zaporizhzhia), LLC «PI ZPBP» (Zaporizhzhia).

In addition, the developed methodology for choosing organizational and technological solutions based on integrated management of construction processes has found application in the educational process when conducting lectures and practical classes with students of the Engineering Educational and Scientific Institute. Y.M. Potebni of Zaporizhzhya National University (Certificate on the implementation of the research results).

Personal contribution of the applicant. The main ideas and research results of the dissertation, especially those that characterize the scientific novelty and practical significance, are obtained by the author personally. The author's personal contribution to publications with co-authors is given in the list of published works.

The results are fully reflected in 8 printed works, 4 works were published in publications included in the list of professional publications of the Ministry of Education and Science of Ukraine of category "B" and participation in 4 conferences.

Keywords: construction, construction processes, organizational and technological solutions, mathematical modeling, integrated management, project, cost, economic effect.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ
ДИСЕРТАЦІЇ

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

1. Ichetovkin, A. A. Методика оцінки параметрів у механізмі вибору організаційно-технологічних рішень. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*, 2021, 2 (92) 76-83. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2021/229848>
2. Анін В.І, Арутюнян І.А, Ічетовкін А. О. Науково-методологічний підхід інтеграції управління якістю в умовах ризиків будівельної галузі. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика* 19 (2021): 5-12. URL: <http://btttrp.diit.edu.ua/article/view/233726/232426>. (Особистий внесок автора: проведено аналіз та узагальнення наукових досліджень, практичних підходів управління якістю, надійністю та ризиками будівельних проєктів, доведено застосування інтеграційного методу та методу ідентифікації процесів QM та RM, що дозволяє обґрунтувати можливість розроблення інтегрованого підходу та визначити принципи застосування інтегрованої моделі управління якістю та надійністю в умовах ризиків).
3. Ічетовкін А.О. Організація системи інтегрованого управління в будівельній галузі. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. Том 1 № 52 (2023). С.138- 146. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.52\(1\).138-146](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.52(1).138-146)
4. Ічетовкін А.О. Аналіз механізму вибору організаційно-технологічних рішень інтегрованого управління будівельними процесами. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*. 2023, 4(103)(2023). С.39-47. <https://doi.org/10.15802/stp2023/297519>

Праці апробаційного характеру:

1. Ічетовкін, А. О. Перспективи формування нових підходів управління будівельними процесами. V Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Управління розвитком соціально-економічних систем», Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка 26-30 квітня 2021 року. С.242-245.

2. Ічетовкін, А. О. Інтеграція QM та RM, як запорука підвищення ефективності підприємств будівельної галузі. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Стратегічні пріоритети розвитку підприємництва, торгівлі та біржової діяльності», Національного університету «Запорізька політехніка». (13-14 травня 2021 року) м. Запоріжжя. С. 126-129.

3. Анін В.І., Ічетовкін А. О. Принципи реалізації механізму вибору організаційно-технологічних рішень в умовах забезпечення якості та ефективності будівельних процесів. Міжнародна науково–практична конференція «Європейський вектор модернізації інженерної та економіко-управлінської освіти в умовах сталого розвитку промислового регіону», м. Запоріжжя (27-28 травня 2021). С. 172-175.

4. Ічетовкін, А. (2021). Передумови застосування інтегрованого підходу управління будівельними процесами. *ГРААЛЬ НАУКИ*, (10), 619-621. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science>. 19.11.2021.118

ЗМІСТ

	стр.
Вступ.....	20
Розділ 1 НАУКОВО – МЕТОДОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ІНТЕГРАЦІЇ УПРАВЛІННЯ НАДІЙНІСТЮ БУДІВНИЦТВА В УМОВАХ РИЗИКІВ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ	32
1.1 Аналіз існуючих підходів до системи інтегрованого управління будівельними процесами в умовах ризиків будівельної галузі	32
1.2 Європейський досвід формування системи надійності управління процесом будівництва в будівельних проектах ...	43
1.3 Оцінка системи інтегрованого управління будівельними процесами та визначення напрямків їх удосконалення.....	46
Висновок до розділу.....	52
Розділ 2 АНАЛІТИЧНЕ ПІДРУНТЯ ДО ОРГАНІЗАЦІЙНО- ТЕХНОЛОГІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕГРОВАНОВОГО УПРАВЛІННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ БУДІВЕЛЬНОГО ПРОЄКТУ.....	54
2.1 Методика і механізм вибору оцінки параметрів організаційно- технологічних рішень забезпечення надійності будівництва.....	54
2.2 Моделювання управління надійності будівельних процесів.....	61
2.3 Оцінка впливу факторів на організаційно-технологічні рішення управління будівельними процесами	68
Висновок до розділу.....	76
Розділ 3 РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЙНО-	

	ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ НА ПІДГРУНТІ ІНТЕГРОВАНОГО УПРАВЛІННЯ БУДІВЕЛЬНИМИ ПРОЦЕСАМИ	78
3.1	Розробка механізму вибору організаційно-технологічних рішень на підґрунті інтегрованого управління будівельними процесами.....	78
3.1.1.	Визначення компромісів та їх математична інтерпретація.....	82
3.1.2.	Визначення пріоритетності процесу використовуючи платформу Метода Сааті.....	83
3.2	Розробка алгоритму інтегрованого управління надійності організації будівельних процесів	90
3.2.1.	Метод експертних оцінок.....	94
3.2.2.	Графіки залежності та їх зображення у тривимірному просторі.	98
3.3	Формалізація процесу математичного розв'язання задачі функціонування системи інтегрованого управління будівельних процесів з урахуванням впливу ризиків будівельної галузі із використання програмного продукту С++.....	101
	Висновок до розділу.....	106
Розділ 4	ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВПРОВАДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ НА ПІДГРУНТІ ІНТЕГРОВАНОГО УПРАВЛІННЯ БУДІВЕЛЬНИМИ ПРОЦЕСАМИ	108
4.1	Впровадження організаційно-технологічних рішень на підґрунті інтегрованого управління будівельними процесами з урахуванням впливу ризиків будівельної галузі	109

4.2	Отримання ефективності механізму вибору організаційно-технологічних рішень на основі інтегрованого управління будівельними процесами	121
	Висновок до розділу.....	144
	ВИСНОВКИ.....	146
	Список використаних джерел.....	149
	Акти впровадження.....	164
	Додаток	169

ВСТУП

Актуальність теми. В сучасному світі будівельна галузь є однією з ключових галузей, що впливає на економічний, соціальний та екологічний розвиток суспільства. Проте, вона також стикається з численними викликами та проблемами, серед яких ефективне управління будівельними процесами виявляється однією з найважливіших. Одним із ключових аспектів ефективного управління в будівництві є вибір оптимальних організаційно-технологічних рішень. У цьому контексті, розробка механізму для вибору таких рішень набуває великої актуальності.

Дисертаційна робота пропонує новий підхід до вирішення актуального науково-прикладного завдання, що стосується розробки механізму вибору організаційно-технологічних рішень для оптимізації управління будівельними процесами. Цей підхід ґрунтується на інтегрованому управлінні та створенні автоматизованого процесу критеріальної модифікації показників будівельних робіт, який враховує змінні умови вітчизняного ринку та спрямований на підвищення конкурентоспроможності підрядних підприємств.

Будівельна галузь є важливим сегментом економіки багатьох країн і конкурентоспроможність цієї галузі прямо впливає на економічний розвиток країни в цілому. Ефективне управління будівельними процесами стає вирішальним фактором у досягненні конкурентних переваг. Розробка механізмів вибору оптимальних організаційно-технологічних рішень може значно підвищити продуктивність та ефективність будівельних підприємств, забезпечуючи їм перевагу на ринку.

Сучасні технології, швидко змінюють ландшафт будівельної галузі. Впровадження цих технологій вимагає розробки нових стратегій управління будівельними процесами. Механізм вибору рішень повинен враховувати не лише традиційні методи, але й нові можливості, які пропонують ці технології.

Сучасні будівельні проєкти мають складну структуру та вимагають координації роботи між різними учасниками. Механізм вибору рішень

повинен бути гнучким та адаптованим до різноманітних умов та вимог проектів, враховуючи потреби всіх стейкхолдерів.

Управління ресурсами, включаючи фінансові, матеріальні та людські, є критичним аспектом будівельних процесів. Механізм вибору рішень повинен бути спрямований на оптимізацію використання ресурсів, щоб забезпечити максимальну ефективність та економію.

Глобальні кризи, такі як економічна нестабільність чи пандемія, можуть серйозно підірвати будівельну галузь. Розробка механізму вибору рішень дозволить будівельним компаніям адаптуватися до змін у внутрішньому та зовнішньому середовищі, забезпечуючи їхню стійкість та виживання.

Отже, розробка механізму вибору організаційно-технологічних рішень для оптимізації управління будівельними процесами є актуальною та важливою темою в сучасному світі. Це вимагає інтеграції сучасних технологій, урахування екологічних аспектів, підвищення ефективності використання ресурсів та гнучкого підходу до управління складними будівельними проектами. Результати такого дослідження можуть сприяти підвищенню конкурентоспроможності будівельної галузі та сприяти сталому розвитку суспільства.

Основи структурної логіки роботи розкривають тенденції векторного розвитку виробничого та організаційного потенціалу будівельних організацій в умовах реального часу. Це відбувається в контексті мінімізації відхилень показників якості, нівелювання критичних точок впливу факторів, та детермінованого розподілення ресурсів для підвищення ефективності функціонування системи організаційно-технологічних рішень на протязі виробничого циклу будівництва.

Необхідність впровадження нових сучасних інтегрованих методів управління в будівельній сфері пояснюється тим, що ця галузь, так само як і інші сектори економіки, пережила значні турбулентності через пандемію COVID-19 та військову агресію. Зниження обсягу будівельних робіт призвело до загального спаду в галузі. Зараз оцінюється, що будівельна та всі супутні

галузі зазнали 20% зниження. Отже, зростання ризиків, розширення їх впливу та наростання наслідків у майбутньому вимагатиме від будівельних компаній непередбачуваних рішень та надзвичайних методів управління.

Актуальність даної наукової дисертації полягає у важливості побудови ефективних стратегій управління будівельними процесами в умовах сучасного часу. Зростання конкурентної боротьби, швидкі технологічні зміни та вимоги до економічної ефективності вимагають від організацій будівельної галузі надійних інструментів для прийняття рішень.

І підґрунтям такого інструментарію буде слугувати інтегроване управління будівельними процесами, що надасть можливість підвищення продуктивності, зниженні витрат та мінімізації ризиків. Однак, не зважаючи на існуючі технології та методи, існують виклики в практичному застосуванні цих підходів, такі як неоднорідність інформації, складність взаємодії між учасниками будівельного процесу, а також потреба в постійному адаптивному управлінні.

Тому пропонується розробити механізм вибору організаційно-технологічних рішень, який буде базуватися на принципах інтегрованого управління та враховувати складну специфіку будівельних процесів.

Аналітична парадигма створює передумови до застосування інтегрованого управління з використанням відповідних організаційно-технологічних рішень, що здатні задовольнити як вимоги надійності так і зменшення ризику в будівництві.

Тому пропонуємо, удосконалення концепції управління надійністю в умовах ризиків на основі моделі системної динаміки (SD), використовуючи інтегрований підхід,

Іншими словами, розвиток системи будівельних процесів визначає вектор вибору організаційно-технологічних рішень з метою забезпечення надійності будівництва в умовах допустимого ризику на підґрунті інтегрованого управління, що, в свою чергу, визначило аналітико-методологічний базис та хід подальших досліджень.

Оптимізація організаційно-технологічних рішень має на меті вибір із можливих альтернатив варіанту, при якому з урахуванням певних умов та вимог до цільових показників надійності, безпеки та функціональності, забезпечується максимальне скорочення термінів виконання робіт при ефективному використанні матеріально-технічних ресурсів.

Оптимальність рішень забезпечується на основі варіантного проектування і всебічного аналізу альтернатив. Основою оптимізаційного пошуку є розділення процесу проектування на етапи, що дає можливість аналізувати організаційно-технологічні зв'язки між окремими елементами і проводити порівняння етапних варіантів між собою, або з базисним (аналоговим) варіантом на кожному етапі. При цьому важливим, є визначення критеріїв оптимальності, які здебільшого є індивідуальними для кожного будівельного об'єкта та його черги.

Розробка математичного інструментарію враховує умови зазначеного завдання, тобто існує процес (PP_1), де підприємство планує мінімізувати (\min) вартість витрат (W) та оптимально їх розподілити по 1 об'єкту в 3 черги, є вимоги: ресурси (V) та тривалість (T), враховуючи військовий стан в країні, що є одним з ключових факторів зовнішнє середовище – фактори (H), які впливають на значення вимог по об'єкту, існують ризики (R), компроміси (K) та пріоритетність (P) процесу, які необхідно знайти. Потрібно отримати надійність процесу з урахуванням ризику, компромісів та пріоритетності та чи буде виконаний даний процес під впливом факторів визначення оптимальності організаційно-технологічних рішень на підґрунті інтегрованого управління будівельними процесами. Математичний інструментарій включає основні етапи:

- Розробка механізму вибору організаційно-технологічних рішень на підґрунті інтегрованого управління будівельними процесами – використовується факторний аналіз знаходження ризику на основі адитивної моделі, що враховує компроміси та їх математичну інтерпретацію; визначення пріоритетності процесу використовуючи платформу метода Сааті.

- Розробка алгоритму інтегрованого управління надійності організації будівельних процесів, основою слугує модель системи інтегрованого управління надійності
- Формалізація процесу математичного розв'язання задачі функціонування системи інтегрованого управління будівельних процесів з урахуванням впливу ризиків будівельної галузі із використання програмного продукту C++.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Обраний напрямок наукових досліджень реалізовано згідно з планами наукових досліджень кафедри промислового і цивільного будівництва Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету, відповідно до плану держбюджетних науково-дослідних робіт на 2021-2025 роки за темою «Систематологія селективної концепції активізації та адаптації організаційно-технологічних рішень будівництва, реконструкції та експлуатації до сучасних умов інтегрованого розвитку» Державний реєстраційний номер: 0121U108178, 2021 -2025 р.р.

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

Мета і задачі дослідження. Метою даного дослідження, як передумови подальших наукових досліджень стосовно формування єдиного методологічного підходу, спрямованого на забезпечення надійності будівництва в умовах допустимого ризику та розроблення інтегрованої моделі управління ризиками та якістю в будівництві, є обґрунтування доцільності використання з точки зору ефективності для будівельного підприємства, процесу інтеграції управління надійністю та ризиками в сучасних умовах невизначеності економіки країни в цілому.

Досягнення поставленої мети обумовило необхідність вирішення таких завдань:

- аналіз та узагальнення наукових досліджень, практичних підходів управління надійністю та ризиками будівельних процесів, застосування інтеграційного методу;
- оцінка системи інтегрованого управління будівельними процесами та визначення напрямків їх удосконалення;
- обґрунтування теоретико-методологічного та аналітичного підґрунтя до організаційно-технологічного моделювання інтегрованого управління забезпечення надійності будівельного проєкту;
- розробка механізму вибору організаційно-технологічних рішень на підґрунті інтегрованого управління будівельними процесами;
- розробка алгоритму інтегрованого управління надійності організації будівельних процесів;
- формалізація процесу математичного розв'язання задачі функціонування системи інтегрованого управління будівельних процесів з урахуванням впливу ризиків будівельної галузі із використання програмного продукту C++;
- експериментальна перевірка та впровадження отриманих результатів у практику.

Об'єкт дослідження – є підходи інтеграції управління будівельними процесами в умовах ризиків будівельної галузі.

Предметом дослідження – механізм вибору організаційно-технологічних рішень на підґрунті інтегрованого управління будівельними процесами.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети в даному дослідженні були використані сучасні комп'ютерні технології, а також теоретичні підходи і методи, такі як: системний аналіз, який орієнтує створення ефективного порядку управління на корпоративному рівні загалом і складових його компонентів, розкриває повноту і інтегрованість різних

елементів організації, дає основу оптимального взаємодії; метод поділу дозволяє декомпонувати складні явища більш прості, ніж досягається глибше бачення явища загалом; метод послідовної підстановки дає можливість вивчити вплив кожного чинника окремо на наповнення системи контролю, під впливом яких склалося стан системи, виключаючи дії інших чинників; метод порівняльного аналізу дозволяє порівняти існуючу систему контролю з подібною, іншою організацією, нормативним станом або зі станом у минулому періоді; динамічний метод передбачає групування даних у динамічному ряду, з якого виключаються випадкових відхилень, що дозволяє відобразити стійкі кореляції та тенденції; метод структуризації дозволяє оцінити якісне та кількісне обґрунтування цілей системи контролю відповідно до завдань організації; параметричний метод, його завдання – встановлення кореляцій між параметрами елементів корпоративного рівня та системи контролю для визначення ступеня їхньої відповідності; функціонально-структурний метод, що дозволяє визначити варіант побудови системи контролю або виконання тієї чи іншої її функції, що вимагає мінімальних витрат і є більш ефективним з точки зору кінцевих цілей; метод Сааті або метод пріоритетів, де існують часткові критерії, що упорядковуються відповідно до порядку їх важливості, за оцінкою спеціаліста по прийняттю рішень.

Наукова новизна одержаних результатів віддзеркалена в якості розробки механізму вибору організаційно-технологічних рішень на підґрунті інтегрованого управління будівельними процесами результатом чого є отримання ефективного рішення що зводиться до такого:

вперше:

– обґрунтовано застосування інтегративної моделі управління ризиками та надійності в будівництві, що дає можливість запобігти протиріччю між вимогами надійності процесу будівництва та рівнем допустимих ризиків, також узгоджує їх із вимогами ефективності для забудовника;

- розроблено алгоритм інтегрованого управління надійності організації будівельних процесів;

- розроблено модель математичного інструментарію визначення оптимальності організаційно-технологічних рішень на підґрунті інтегрованого управління будівельними процесами, що враховує факторний аналіз знаходження ризиків на основі адитивної моделі, розглядаючи компроміси та їх математичну інтерпретацію; визначає пріоритетність процесу, використовуючи платформу метода Сааті.

- формалізовано процес математичного розв’язання задачі функціонування системи інтегрованого управління будівельних процесів з урахуванням впливу ризиків будівельної галузі із використання програмного продукту C++.

Отримали подальший розвиток:

- визначено ключові аспекти проблематики, яка є об’єктом дослідження, та сформульовано робочу гіпотезу. Проведений аналіз основних методів дослідження, встановлено внесок у науку та практику, а також виокремлено практичне значення отриманих результатів дисертаційного дослідження;

- положення вибору організаційно-технологічних рішень на підґрунті інтегрованого управління будівельними процесами;

- методика, у якій сформульовано аналітичну парадигму застосування інтегрованого управління з використанням відповідних організаційно–технологічних рішень, що здатні задовольнити як вимоги надійності так і зменшення ризику в будівництві.

удосконалено:

- процес вибору організаційно-технологічних рішень на підґрунті інтегрованого управління будівельними процесами, за рахунок системи управління, яка інтегрує в себе різні аспекти будівельної діяльності, такі як планування, координація, контроль і оцінка, з метою досягнення оптимальних результатів у будівництві.

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення отриманих результатів полягає в можливості впровадження розробленого механізму вибору організаційно-технологічних рішень на основі інтегрованого управління будівельними процесами в реальну будівельну практику. Це дозволить підприємствам будівельної галузі здійснювати ефективне управління будівельними проектами з урахуванням різних аспектів, таких як технологічні можливості, ресурси, вимоги замовників та ринкові умови.

Впровадження цього механізму дозволить зменшити ризики та витрати, підвищити якість та ефективність будівельних процесів. Крім того, це сприятиме підвищенню конкурентоспроможності підприємств на ринку будівельних послуг, забезпечить вчасне виконання проектів та задоволення потреб замовників. Таким чином, результати дослідження мають практичне значення для подальшого розвитку будівельної галузі та підвищення її ефективності.

Методика вибору організаційно-технологічних рішень на основі інтегрованого управління будівельними процесами дозволяє: систематизувати інформацію про різні аспекти будівельних процесів; оцінювати різні варіанти вибору організаційно-технологічних рішень; враховувати різноманітні аспекти, такі як технічні можливості, вартість, час, якість, надійність; максимально оптимізувати процеси будівництва та ресурсного забезпечення, мінімізувати ризики та негативні впливи.

Отже впровадження розробленої методики дозволяє підприємствам будівельної галузі приймати обґрунтовані та оптимальні рішення з урахуванням всіх необхідних аспектів, що сприяє підвищенню ефективності та конкурентоспроможності на ринку.

Отримані результати підтверджено актами впровадження на підприємствах: ПП «АЛСТЕП» (м. Запоріжжя); ТОВ «ЗАПОРІЖБУДГРУП», (м. Запоріжжя), ТОВ «ПІ ЗПБП» (м. Запоріжжя).

Крім того, розроблена методика вибору організаційно-технологічних рішень на основі інтегрованого управління будівельними процесами знайшла застосування в навчальному процесі при проведенні лекцій і практичних занять з студентами Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету (Довідка про впровадження результатів дослідження).

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

Особистий внесок здобувача визначено наступними публікаціями:

1. Ichetovkin, A. A. Методика оцінки параметрів у механізмі вибору організаційно-технологічних рішень. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*, 2021, 2 (92) 76-83. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2021/229848>
2. Анін В.І, Арутюнян І.А, Ічетовкін А. О. Науково-методологічний підхід інтеграції управління якістю в умовах ризиків будівельної галузі. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика* 19 (2021): 5-12. URL: <http://bttpr.diit.edu.ua/article/view/233726/232426>. (Особистий внесок автора: проведено аналіз та узагальнення наукових досліджень, практичних підходів управління якістю, надійністю та ризиками будівельних проєктів, доведено застосування інтеграційного методу та методу ідентифікації процесів QM та RM, що дозволяє обґрунтувати можливість розроблення інтегрованого підходу та визначити принципи застосування інтегрованої моделі управління якістю та надійністю в умовах ризиків).
3. Ічетовкін А.О. Організація системи інтегрованого управління в будівельній галузі. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в*

умовах формування ринкових відносин. Том 1 № 52 (2023). С.138- 146.
DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.52\(1\).138-](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.52(1).138-)

4. Ічетовкін А.О. Аналіз механізму вибору організаційно-технологічних рішень інтегрованого управління будівельними процесами. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. 2023, 4(103)(2023). С.39-47.*
<https://doi.org/10.15802/stp2023/297519>

Винесені на захист нові наукові результати належать особисто здобувачеві. Вони опубліковані в співавторстві з науковим керівником і провідними фахівцями в даній області.

Дисертаційне дослідження є самостійно підготовленою науковою працею і являє собою особистий внесок здобувача в розвиток прикладної науки - технології та організації промислового та цивільного будівництва, зокрема з вибору організаційно-технологічних рішень на підґрунті інтегрованого управління будівельними процесами.

Апробація результатів дисертації. *Основні положення роботи доповідалися в 2020-2024р. на наукових конференціях:* V Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Управління розвитком соціально-економічних систем» (Харків, 2021); II Міжнародна науково-практична конференція «Стратегічні пріоритети розвитку підприємництва, торгівлі та біржової діяльності» (м. Запоріжжя, 2021); Міжнародна науково–практична конференція «Європейський вектор модернізації інженерної та економіко-управлінської освіти в умовах сталого розвитку промислового регіону» (Запоріжжя, 2021); II CISP Conference «SCIENCE OF POST-INDUSTRIAL SOCIETY: GLOBALIZATION AND TRANSFORMATION PROCESSES» (м. Вінниця, 2021); а також на кафедральних науково-методичних семінарах у Запорізькому національному університеті.

Основні результати дисертації опубліковано в 8-ми наукових працях, з яких 4 статей опубліковано у виданнях, що включені до переліку фахових

видань МОН України категорії «Б», 4 матеріалів і тез доповідей на наукових конференціях.

Структура та обсяг дисертації. Структура дисертаційної роботи підпорядкована змісту, меті та порядку вирішення завдань дослідження. Дисертація містить: анотації українською та англійською мовами, список праць за темою дисертації, вступ, основну частину в складі чотирьох розділів та висновків, список використаної літератури з 111 джерел. Обсяг основного тексту дисертації складає 120 сторінки друкованого тексту, у тому числі 16 таблиць та 27 рисунки.

РОЗДІЛ 1. НАУКОВО–МЕТОДОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ІНТЕГРАЦІЇ УПРАВЛІННЯ НАДІЙНІСТЮ БУДІВНИЦТВА В УМОВАХ РИЗИКІВ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ

1.1. Аналіз існуючих підходів до системи інтегрованого управління будівельними процесами в умовах ризиків будівельної галузі

Процес управління спрямований на досягнення ключової мети – ефективної реалізації проекту. Будівництво має специфічні особливості, які ускладнюють управління і вимагають застосування складних, інтегрованих та різноспрямованих організаційно-технологічних рішень. В сучасних умовах зростання ризиків у будівництві та їх можливих наслідків, а також підвищення вимог до якості об'єктів (ресурсо- та енергозберігаючі, надійності та ін.), виникає необхідність у пошуку та вдосконаленні нових організаційно-технологічних підходів. Ці підходи базуються на результатах сучасних науково-методичних досліджень і враховують змінні умови зовнішнього середовища та ризики галузі. Інтегроване управління будівельними процесами, яке враховує багатофакторність та технологічне різноманіття, здатне підвищити ефективність управління ними [3,5,9,10,11,15,16,22,24,28,34].

Необхідність застосування нових сучасних інтегрованих підходів управління в будівельній галузі, обґрунтована тим, що будівельна галузь, як і інші галузі економіки зазнала значних змін та потрясінь, через «коронакризу» та військову агресію. Зниження обсягу всіх видів будівельних робіт потягнуло вниз усю галузь. Падіння будівництва і усіх пов'язаних галузей вже зараз оцінюється в 80% [24,25,27]. Відповідно зростання ризиків, розширення їх впливу та зростання наслідків війни надалі, буде потребувати від будівельних компаній нестандартних рішень та підходів в управлінні. Крім того,

додатковими викликами можуть стати нові вимоги якості і надійності будівництва, наприклад [24,48-50]:

- трендом стає зведення енергоефективних будинків в Україні;
- через пандемію коронавірусу до житлової і особливо комерційної нерухомості висувають нові вимоги щодо соціальної дистанції та вентиляції та ін.;
- через війну країна потребує надійних промислових та цивільних будівель з укриттями для захисту населення, різні технології та матеріали, які можуть бути використані для будівництва надійних укриттів, зокрема стійких до вибухів матеріалів, систем вентиляції та евакуації, систем зв'язку тощо;
- питання планування та управління будівництвом надійних укриттів, включаючи визначення стратегій захисту, керування ресурсами, контроль якості тощо.

Таким чином, будівельна галузь потребує дієвого інноваційного інструментарію, який зможе забезпечувати ефективне управління у складних ринкових умовах [3,7,34,44,46,,48-50].

Майбутні тенденції багато в чому будуть залежати від динаміки відновлення економіки та державного регулювання. Разом з тим, в урядовій Програмі стимулювання економіки для подолання наслідків Covid-19 «Економічне відновлення», відсутні будь - які цільові заходи з підтримки будівельної галузі, або розвитку іпотечного кредитування. Позитивним аспектом підтримки галузі є початок реалізації реформи, хоча більшість ініціатив поки що перебувають на стадії законопроектів і викликають багато дискусій. Особливо обговорюється "оптимізація" державних органів, що регулюють будівельну галузь, з метою зменшення корупційних ризиків. Проте, вже є певні позитивні результати від цих зусиль [24,25,29,51,52]:

19 жовтня 2019 року набрав чинності Закон України «Про внесення змін до ЗУ «Про будівельні норми» щодо удосконалення нормування у будівництві», яким запроваджено нові методи нормування в будівництві [4]. До цього в Україні було дозволено використовувати лише розпорядчий метод

формування (покрокової інструкції), будівельних норм, який містив виключно по елементний опис об'єкта нормування, що виключало можливість застосування альтернативних проектних рішень, конструкцій, матеріалів тощо, унеможливило прозоре та швидке впровадження інноваційних технологій. Альтернативні методи нормування в будівництві, успішно використовуються в економічно розвинених країнах ЄС, США, Канаді та Японії та ін. Відповідно, законодавчо, окрім розпорядчого методу (покрокової інструкції), передбачено застосування двох нових методів нормування [21,34,43,44,45,48-50]:

1. Параметричний метод – це спосіб встановлення вимог до об'єкта нормування у будівництві, який передбачає визначення цілей та/або параметрів, таких як якість, надійність, безпека та функціональність об'єкта нормування у будівництві (критеріїв, вимог до експлуатаційної характеристики та/або її показників).

2. Цільовий метод нормування у будівництві – це спосіб встановлення вимог до об'єкта нормування у будівництві, який передбачає визначення цілей та конкретних критеріїв оцінки технічних характеристик об'єкта нормування у будівництві [<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/156-20#Text>]¹. Цей метод є перехідним і включає елементи розпорядчого та параметричного методів.

На нашу думку, це створює передумови для впровадження інтегрованого управління з використанням відповідних організаційно-технічних рішень, які можуть задовольнити вимоги щодо якості, надійності та управління ризиками в будівництві. Реалізація положень Закону спростить процес розробки, затвердження та застосування будівельних норм, надавши українським забудовникам можливість використовувати сучасні методи управління, такі як BIM-технології, та новітні організаційно-технічні рішення. Це підвищить якість і обсяги будівництва, що в перспективі сприятиме виходу

¹ ЗАКОН УКРАЇНИ Про внесення змін до Закону України "Про будівельні норми" щодо удосконалення нормування у будівництві (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2019, № 46, ст.304)

з кризи та розвитку будівельної галузі в цілому. [6,27,33,34,42,52,53,55,56,63,66,69,72,105,108,111].

Наступним позитивним здобутком, можна вважати запроваджену, діджиталізацію адміністративних послуг у сфері будівництва. 17 жовтня 2019 року був прийнятий, а 01 грудня 2019 року набрав чинності ЗУ «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо удосконалення порядку надання адміністративних послуг у сфері будівництва та створення Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва» [34,43,48-50]. Законом визначено впровадження наступних складових елементів Електронної системи:

- єдиного реєстру будівельної діяльності;
- електронних кабінетів для користувачів;
- офіційного порталу електронної системи;
- єдиного реєстру документів, які надають право виконувати підготовчі та будівельні роботи, засвідчують факт прийняття в експлуатацію об'єктів нерухомості, а також містять відомості про повернення на доопрацювання, а також факти відмови у видачі документів, скасування та анулювання ліцензій, сертифікатів та інших видів дозвільної документації [34,43,48-50].

Відповідно це забезпечує прозорість процесів в галузі, знижує корупційну складову, а в перспективі може сприяти формуванню певного банку даних, які будуть мати інформаційний зміст для прийняття рішень в умовах ризиків [34,43,48-50].

Сучасний стан будівельної галузі та наявні ризики вимагають від менеджменту нестандартних рішень і використання сучасних управлінських підходів. Проте державна підтримка та реформи можуть значно прискорити вихід із кризи та стимулювати розвиток галузі.

Основною причиною низької якості будівельних робіт є орієнтація на контроль якості, який здебільшого здійснюється зовнішніми контролюючими органами через систему покарань і санкцій за порушення [34,43,48-50].

Такий підхід, на нашу думку, є неефективним і обмеженим, оскільки в кращому випадку лише виявляє наявні недоліки та дефекти, не забезпечуючи відповідність об'єктів будівництва вимогам якості (стандарту).

Забезпечення якості та безпеки будівництва залишається актуальною і пріоритетною проблемою для керівників проєктів. Дефекти або відмови в побудованих об'єктах можуть призвести до значних фінансових і часових втрат, а в гіршому випадку створити ризики для життя людей.

Методи які використовуються для забезпечення та можливості підвищення якості і надійності в будівельній галузі України значно відстають від сучасних методів та підходів, які є в розвинених країнах, таких як Європейський Союз та США. У цих країнах не зовнішні контролюючі органи і не замовник, а підрядник здійснює основні заходи з контролю якості. Підрядник повинен представити замовнику розроблений ним план забезпечення якості, який відповідає вимогам контрактної документації і включає систему управління якістю продукції відповідно до міжнародних стандартів ISO серії 9000 [34,43,48-50,55].

Такий підхід до запобіжних дій в системах управління надійності полягає в використанні методів аналізу можливих небезпек і усунення ризиків. У будівельній індустрії методи аналізу можливих небезпек використовуються при виявленні і ослабленні ризиків, пов'язаних із забезпеченням безпеки. Ці ж методи можуть бути застосовані і до будь-яких інших ризиків, з якими стикається будівельна організація [34,43,48-50,58,60,61,62,63,64,66,68,74,78].

Наприклад, стандарт AS / NZS 4360: 1999 року «Управління ризиками» встановлює загальний підхід до розробки та впровадження системи управління ризиками, причому усунення ризиків (risk treatment) представляє як один із завершальних етапів процесу управління ризиками, встановленого стандартом.

Слід констатувати, що у більшості наукових досліджень, проблеми ризик – менеджменту (RM) та менеджменту якості (QM) в будівельній галузі, на жаль, відокремлюються, та розглядаються незалежно один від одного, що не

дозволяє визначити єдиний методологічний підхід, спрямований на забезпечення якості будівництва в умовах допустимого ризику та розробити інтегровану модель управління ризиками та якістю в будівництві [1,2,3,5,11,12,14,15,23,25,28,29,34,43,48-50,82].

Досягнення мети передбачає проведення аналізу та узагальнення наукових досліджень і практичних методів управління якістю та ризиками у будівельних проєктах. Це включає використання інтеграційного методу та методу ідентифікації процесів управління надійністю (QM) і ризик-менеджменту (RM), що дозволяє розробити інтегрований підхід і визначити принципи використання інтегрованої моделі управління якістю в умовах ризиків.

Управління ризиками – це стратегія, спрямована на зменшення впливу загроз (наслідків), що можуть виникнути у процесі реалізації проєкту, послуги чи продукту, або на перетворення ризиків на можливості з метою оптимального задоволення потреб проєкту або клієнта [Serpell, A., Ferrada, X., Rubio, L., & Arauzo, S.,2015] [48-50].

Поняття «клас наслідків» (англ.: «Consequences classes») отримало свою нинішню трактування в європейському стандарті ISO 2394 і в заголовному документі єврокодів - EN 1990, 2002 (гармонізований документ - ДСТУ-Н Б.В.1.2-13: 2008 (EN 1990: 2002 IDN)). Це поняття, термін служить критерієм диференціації надійності і ризику будівельних об'єктів. Класи наслідків описуються втратою людських життів, економічними і соціальними втратами, збитками нанесеним навколишньому середовищу викликаним можливим руйнуванням споруди [Лантух - Лященко, А. И., 2015].

Рівень якості будівництва, оцінюється ступенем відповідності побудованих об'єктів проєктним рішенням і нормативам. Якість має формуватися на всіх стадіях будівництва: проєктна, виробнича (виготовлення будівельних матеріалів і конструкцій); будівельно-монтажні процеси і експлуатаційна [1,2,3,5,11,12,14,15,23,25,28,29,34,43,48-50,54,59, 61,64,66,68, 77,81,82].

Відповідно управління якістю будівництва є комплексної проблемою, що залежить від всіх учасників: державних органів, замовників, проектних і будівельно-монтажних організацій, виробників будівельних матеріалів, транспортних організацій, що задіяні в процесі будівництва [Лукманова, І. Г., & Нежнікова, О. В., 2013].

Отже, як методи управління надійністю, так і методи управління ризиками спрямовані на досягнення мети проекту або задоволення потреб клієнтів. Вони відіграють різні ролі, проте мають однакові цілі.

На підставі дослідження Чен і Луо (2014), можемо констатувати, що, оскільки низький рівень показників якості і надійності, призводить до численних ризиків (особливо ризиків, пов'язаних із безпекою), підвищення якості здатне запобігти, або зменшити негативні наслідки цих ризиків.

Таким чином, застосування системи управління якістю і надійністю, спрямоване лише на поліпшення якості будівельного об'єкта, але й на зниження кількості небажаних подій та рівня втрат від них [1,2,3,5,11,12,14,15,23,25,28,29,34,43,48-50,54,59, 61,64,66,68, 77,81,82].

Якщо розглядати управління надійністю як процес, спрямований на підвищення рівня якості, важливо враховувати певні загрози або можливості, які можуть впливати на якість, але не є безпосередньо пов'язаними з нею. Наприклад, такі чинники, як тимчасові затримки та обмежений бюджет, низька мотивація працівників, або взаємовідносини з постачальниками, можуть впливати на якість, хоча не прямо.

Отже, цими небезпеками / шансами важко керувати лише за допомогою управління надійністю, без процесу управління ризиками, який має справу з більш широким діапазоном ризиків, згідно з визначенням, Serpella, A. F., Ferrada, X., Howard, R., & Rubio, L. (2014).

Оскільки ці невизначеності мають вплив на якість і надійність, ми вважаємо, що їх усунення або зменшення можливих втрат від них має бути розглянуто як необхідна складова стратегії управління надійністю. Таким чином, управління ризиками також слід застосовувати як стратегію

управління якістю і надійністю, спрямовану на підвищення рівня якості будівництва в умовах невизначеності.

Визначимо принципи застосування інтегративної моделі управління надійністю в умовах ризиків [24,28,34,43,48-50]:

1. Принцип взаємодоповнюваності менеджменту надійності (QM) і ризик – менеджменту (RM):

1.1 Управління якістю і надійністю представляє собою стратегію управління ризиками, що спрямована на контроль за забезпеченням рівня надійності, тоді як управління ризиками можна вважати інструментом управління якістю для контролю за ризиками;

1.2 Управління надійністю забезпечує виконання цілей проекту, у той час як управління ризиками спрямоване на уникнення відхилень від цих цілей. У той же час, управління надійністю (QM) акцентує на задоволенні потреб клієнта, в той час як ризик-менеджмент (RM) – на фінансовому успіху підрядника.

2. Принцип ідентичності процесу управління:

2.1 Метою як QM, так і RM, є досягнення цілей будівельного проекту, або вимог клієнта;

2.2 Методи QM та RM для досягнення цілей клієнта і проекту, аналогічні, з точки зору ключових кроків;

2.3 Управління надійністю (QM) та ризик – менеджмент (RM) повинні реалізовуватися усіма учасниками будівельного проекту і на кожному етапі.

Проте важливо відзначити, що якість і управління ризиками можуть мати свої вигоди навіть при застосуванні окремо. Наприклад, для невеликого проекту, такого як будівництво будинку з невеликою кількістю ризиків і їх невеликим впливом, впровадження стратегії управління ризиками може виявитися непотрібним і зайвим за відносинами до отриманих вигід. Однак забезпечення високого рівня якості залишається необхідним для задоволення очікувань клієнта, що вимагає ефективного управління якістю.

Крім того, ґрунтуючись на поясненнях, даних Pialles, T. (2017), можна зазначити, що для великого проекту промислового будівництва (наприклад, будівництво заводу) з численними обмеженнями, такими, як часові і бюджетні, пріоритет якості поступається пріоритету управління ризиками. Однак в обох ситуаціях, одночасне використання QM і RM, дозволяє досягати кращих результатів, з точки зору задоволення потреб і підвищення ефективності проекту [24,28,34,43,48-50].

Також, необхідно зауважити, що незважаючи на принципи взаємодоповнюваності та ідентичності процесів QM та RM, існують випадки їх конфліктності (протиставлення), наприклад, коли досягнення, визначеного у проектній документації рівня якості та надійності, передбачає збільшення ризиків, і відповідно прийняття втрат, пов'язаних з цим та зниження ефективності проекту (що також відноситься до наслідків ризиків – втратам) (Пшінько, О. М., Радкевич, А. В., & М'якенька, І. В., 2012) [24,28,34,43,48-50].

У дослідженні Gajzler, M., & Zima, K. (2017), результатом усунення невідповідності якості, є переробка, тобто доопрацювання проекту – процес, за допомогою якого досягається затверджений рівень якості. Як зазначено у дослідженні Love, P. E., & Li, H. (2000), прямі витрати на доопрацювання в будівельних проектах можуть бути значними і досягати більш ніж 10%, від вартості контракту [24,28,34,43,48-50].

Існує значна кількість взаємозалежних факторів, які можуть бути ризиками, і вони впливають на фактичний рівень відхилень у якості та надійності. Традиційні методи управління надійністю (QM) та ризиками (RM) не враховують взаємозв'язку між цими факторами, що вимагає їх деталізації шляхом включення факторів невизначеності. Зовнішні ризики проекту, особливо політичні та економічні, ведуть до негативних наслідків і є факторами невизначеності та ризику, особливо при процесі управління якістю як елементу модель динамічної системи.

Тобто, як зазначено у дослідженні Nasirzadeh, F., Khanzadi, M., Afshar, A., & Howick, S. (2013), щоб оцінити реальний вплив якісних відхилень

(доопрацювань) на кінцевий результат, проект слід розглядати з використання методології системної динаміки [24,28,34,43,48-50].

Системна динаміка (SD), представлена Forrester, J. W. (2007), це методологія об'єктного моделювання, яка враховує різні інтерактивні причинно-наслідкові зв'язки - петлі.

У контексті формування інтегрованого підходу до управління надійністю в умовах ризиків, ми вважаємо, що найбільш ефективним буде управління якістю на основі системної динаміки (SD). Це передбачає моделювання наслідків різних груп ризиків (фінансові та часові втрати) і причинно-наслідкову структуру їх впливу на якість..

Отже, ми пропонуємо в якості передумови для розроблення концепції управління надійністю в умовах ризиків на основі моделі системної динаміки (SD), використовуючи інтегрований підхід, наступну модель управління відповідно до концепції управління якістю будівництва в умовах ризиків на основі системної динаміки SD, (рис. 1.1).

Модель побудована на платформі моделі динамічної системи управління надійністю, яка включає 4 різних модуля, кожен з яких моделює частину загального процесу [24,28,34,43,48-50]: модуль прогнозування якості та надійності; модуль симулятора процесу управління надійністю; зовнішній модуль симулятора взаємодій; динамічна конструкція модуля симулятора процесу проекту.

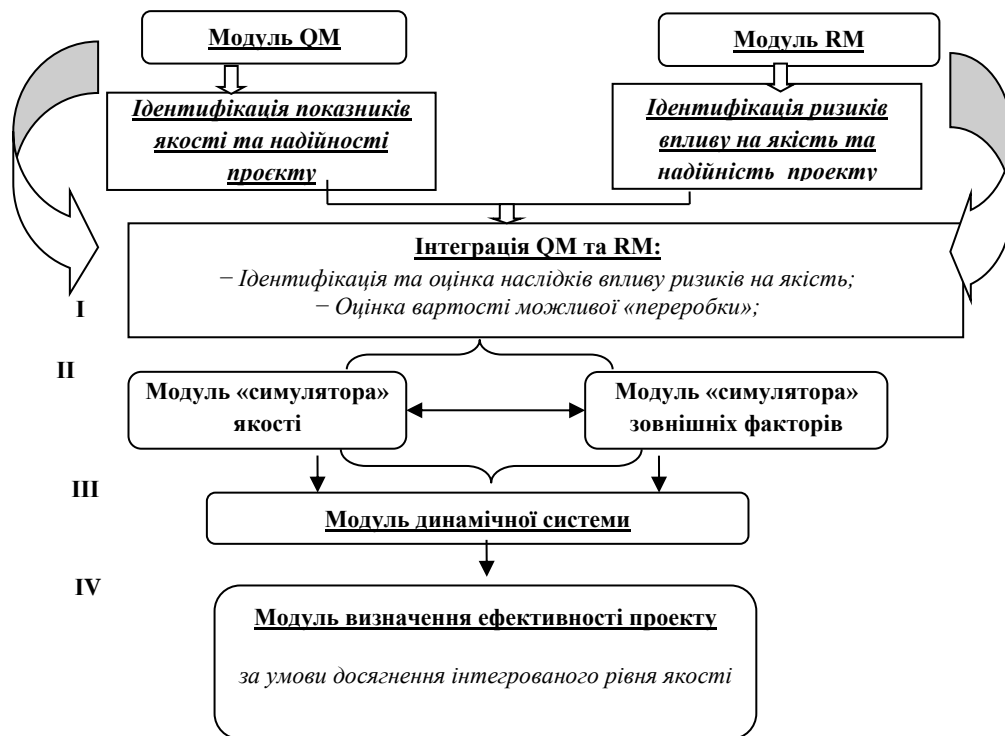


Рисунок 1.1 - Модель управління згідно концепції управління надійністю будівництва в умовах ризиків на основі системної динаміки (SD)

У дослідженні Nasirzadeh, F., Khanzadi, M., Afshar, A., & Howick, S. (2013), ці 4 модуля інтегровані для моделювання впливу збоїв якості на проектну вартість і час. Тобто передбачається односторонній вплив якості на ризики, що на наш погляд потребує уточнення, з урахуванням обґрунтованості інтеграції управління якості (QM) та ризик-менеджмента (RM) [24,28,34,43,45,48-50].

Відповідно перший рівень концепції управління надійністю будівництва в умовах ризиків, передбачає одночасну ідентифікацію як показників якості проекту, так і можливі ризики впливу на якість, що надає можливість інтегрувати методи і процедури управління надійністю (QM) та ризик-менеджмента (RM) із застосуванням «симуляторів» якості та ризиків в умовах невизначеності, що буде запорукою створення динамічної системи. Четвертий модуль, на нашу думку, є кінцевою метою процесу моделювання управління будівельним проектом, бо ключовою метою будівництва є все ж таки – ефективність (можна скільки завгодно покращувати якість проекту,

витрачатися на «переробки», нівелювати ризики, тобто витратити ресурси, але з точки зору ефективності – це може бути недоцільним), що передбачає узгодженість процесів управління надійністю (QM) та ризик – менеджмента (RM) із критеріями ефективності проєкту, які повинні бути збалансовані із критеріями якості та рівня ризиків [24,28,34,43,45,48-50].

1.2. Європейський досвід формування системи надійності управління процесом будівництва в будівельних проєктах

Будівництво - це складний процес, що потребує ретельного планування, координації та контролю. Управління будівельними проєктами - це відповідальне завдання, яке вимагає високого рівня організаційних навичок та системного підходу. Для забезпечення надійності та успішного завершення проєкту вчасно, в межах бюджету та з високою якістю виконання, необхідно впроваджувати ефективні стратегії та методи. В цьому контексті, значний інтерес представляє європейський досвід формування системи надійного управління будівельними проєктами. Завдяки багаторічному досвіду та впровадженню кращих практик, європейські країни досягли значних успіхів у цій сфері. Цей досвід може надати цінні знання для керівників будівельних фірм України, і дати можливість підвищити ефективність та надійність управління будівельними проєктами. [3,5,9,10,11,15,16,22,24,28,34].

Система управління будівельними проєктами в Європі не з'явилась раптово, вона еволюціонувала протягом десятків років, проходячи різні етапи. На ранніх етапах розвитку основна увага приділялась технічним та інженерним аспектам будівництва. З часом фокус змістився на комплексне

управління проєктом в цілому, враховуючи не лише технічні, але й економічні, соціальні та екологічні аспекти².

Європейський досвід у цій сфері багатий та різноманітний. Завдяки впровадженню різноманітних методів та підходів, європейським країнам вдалося досягти значних успіхів у забезпеченні ефективності, якості, надійності та безпеки будівельних робіт³:

У багатьох країнах Європи є стандарти якості, такі як ISO 9001, які стали платформою забезпечення надійності управління будівельними проєктами. А також для управління якістю та безпеки відповідають сертифікати ISO 14001 та OHSAS 18001, вони стали загальноприйнятою практикою для будівельних компаній, це діючий інструментарій надійного управління ризиками та забезпечення якості. Наприклад, у Німеччині система сертифікації якості TÜV є широко використовуваною в будівельних компаніях, демонструючи високий рівень управління якістю.

Європейські будівельні компанії активно використовують сучасні інноваційні технології, що сприяє підвищенню ефективності управління будівельними проєктами, за рахунок автоматизації процесів управління, використання систем Building Information Modeling (BIM) для покращення координації та співпраці між учасниками проєкту. Як показала практика європейські будівельні компанії використовують і дрони для моніторингу та контролю за ходом будівельних робіт. Наприклад, у Великобританії стратегія «BIM Level 2» встановлює стандарти та вимоги до використання BIM у всіх державних будівельних проєктах.

Ми розуміємо, що управління проєктами супроводжується певними ризиками, невизначеністю, форс-мажорними обставинами. Тому було проведено аналіз країн Євросоюзу. Наприклад, у Швеції використовуються методики аналізу ризиків, такі як метод «BowTie» - це простий візуальний

² Karlsson, L. (2021). Innovative Risk Management Approaches in Construction: Insights from Sweden. *Construction Research Journal*, 40(1), 78-92

³ Svensson, P. (2020). Stakeholder Engagement in Construction Projects: Case Study of Norway. *International Journal of Project Management*, 28(3), 145-160

інструмент, який полегшує передачу інформації про ризики, допомагаючи підвищити безпеку проєктів, який дозволяє ідентифікувати та управляти ризиками на різних етапах будівельного процесу. Анджей Пайор, в Польщі, а також у проєктах Європейського Союзу представив методику PM² 35. Ця методика призначена для всіх інституцій ЄС, держав членів, підрядників і громадян ЄС, і може бути застосована у різних проєктах і галузях. PM² є гнучкою та може бути використана для проєктів будь-якого розміру, адаптуючись до потреб організації. Цю методику вже успішно використовують Європейська комісія, Європейський банк реконструкції та розвитку, органи місцевого самоврядування та державні органи влади в країнах ЄС, а також компанії та підприємства з усього світу [<https://solidarityfund.org.ua/novyny/metodyku-upravlinnya-proyektamy-pm%C2%B2-yevropejskoyi-komisiyi-opanovuvaly-uchasnyky-drugogo-etapu-programy-stazhuvan-dobre-samovryaduvannya/>].

Взаємодії, ділові партнерські відносини це 100% успіх реалізації будь-якого проєкту. І це ми бачимо в реальному житті, як країни Євро Союзу підтримують нашу країну. Тому на нашу думку європейський досвід управління будівництвом є реальною можливістю переняти і залучити для всіх зацікавлених сторін (учасників проєкту) до процесу управління. Це означає включення власників, девелоперів, підрядників, дизайнерів та інших учасників процесу в прийняття рішень та планування проєкту з метою забезпечення якості, надійності та ефективності. А також треба вибілити і те, що Європейські уряди та організації активно заохочують інновації та сталий розвиток в будівельній галузі шляхом надання пільг та підтримки для компаній, які впроваджують нові технології та практики управління. Це є підґрунтям для появи інноваційних підходів до управління, що сприяють підвищенню надійності та якості [3,5,9,10].

Управління проєктами – це мистецтво управління ресурсами. Тому важно контролювати та проводити моніторинг за раціональним управлінням ресурсами, виконанням поставлених завдань, отриманням оптимальних

результатів та вчасно реагувати на виникаючі проблеми. Нами проведено дослідження системи моніторингу та контролю країн Європи, що дозволяють тримати під контролем виконання будівельних робіт. Наприклад, у Франції існують системи моніторингу якості повітря та води на будівельних об'єктах, які забезпечують дотримання встановлених стандартів [16,22,24,28,34].

Підведено підсумки. Нашій країні вкрай необхідно впроваджувати Європейський досвід це надасть можливість раціонально формувати інструментарій надійного та оптимального управління процесом будівництва та взагалі управління будівельними проектами, це може бути цінним джерелом навчання та вдосконалення. Впровадження ключових принципів та методів, засвоєних європейськими країнами, може сприяти підвищенню ефективності та надійності управління будівельними проектами в різних частинах світу⁴⁵.

1.3. Оцінка системи інтегрованого управління будівельними процесами та визначення напрямків їх удосконалення

Оцінка системи інтегрованого управління будівельними процесами та вибір організаційно-технологічних рішень для їх оптимізаційного управління неможлива без врахування результатів досліджень вчених, які активно працювали у даному напрямі. Хочемо відзначити вагомий внесок в цю сферу вчених як вітчизняного, так і зарубіжного походження, зокрема Булгакова С.Н., Гусакова А.А., Завадської Е.К., Ільїна Н.І., Лапідуса А.А., Монфреда

⁴ Smith, J. (2018). Quality Management in Construction: The German Experience. *Construction Management Journal*, 25(2), 45-58.

⁵ Jones, A. (2019). Building Information Modeling (BIM) Implementation Strategies: Lessons from the UK. *Journal of Construction Technology*, 36(4), 210-225.

Ю.Б., Олейника П.П., Прикина Б.У., Синє С.А., Теліченка В.І., Тяна Р.Б., Чулкова В.О., Шрейбера А.К. та інших.

Крім того, за останні роки значна кількість молодих дослідників звернула увагу на цю тематику. Серед них виділяються Арутюнян І.А., Байбуріна А.Х., Гараськіна Ю.М., Данкевич Н.О., Кравчуновської Т.С., Кантора В.Е., Карагланова В.Г., Лисенко С.С., Нанасова А.М., Павлова Ф.І., Полтавець М.О. та інші..

Термін «організаційно-технологічне рішення», разом з «організаційно-технологічним заходом», детально розглядається у роботах Гусакова А.А., Завадської Е.К., Кирноса В.М., Менелюка О.І., Павлова І.Д., Поколенко В.О., Радкевича А.В., Тугая О.А., Тяна Р.Б. Під організаційно-технічними рішеннями розуміється конкретний опис технічних засад та технологічних схем реалізації процесів будівельного виробництва, а також використання технічних, економічних, нормативно-правових та інших заходів організаційного характеру.

Організаційні та технологічні аспекти в значній мірі визначають рівень надійності будівельного виробництва, а цей рівень, у свою чергу, залежить від ефективності системи управління [35].

Аналіз наукової літератури дозволяє зробити висновок, що низька якість організаційно-технологічної документації виникає не лише через недоліки нормативних документів, але й через відсутність комплексних моделей обґрунтування і вибору організаційно-технологічних рішень під час розробки будівельних та виробничих проектів. Недостатність таких моделей ускладнює динамічне зв'язування проектних рішень з планами та графіками будівництва, передачу організаційно-технологічних рішень у проект будівництва та стандартні технологічні картки [3,5,9,10,11,15,16,22,24,28,34,43,45,48-50].

Нами було вибрано низку методів для вивчення стану діючої системи управління будівельними процесами:

1. Системний аналіз, який орієнтує створення ефективного порядку управління на корпоративному рівні загалом і складових його компонентів,

розкриває повноту і інтегрованість різних елементів організації, дає основу оптимального взаємодії.

2. Метод структуризації цілей передбачає побудову «Дерева цілей» організаційно-технологічних рішень з наступним аналізом і вибором з альтернативних рішень управління.

3. Метод поділу, поділ на підзадачі (покрокової деталізації) полягає в тому, що при розробці алгоритму розв'язування складної задачі спочатку визначають ключові блоки, тобто розробляють стратегію розв'язування задачі (що зробити?). Після цього розробляють алгоритми реалізації намічених ключових блоків (як зробити?).

4. Метод послідовної підстановки - це статистичний метод, за яким вивчають одночасний вплив кількох факторів на досліджуване явище (наприклад, собівартість або час виконання БМР тощо) як ланцюг їхнього взаємозв'язку, тобто вплив кожного фактору вивчають у залежності й взаємозв'язку з іншими факторами, при цьому беруть до уваги їхню послідовну дію.

5. Метод порівняльного аналізу - це загальнонауковий метод пошуку і виявлення схожості/розбіжності однотипових властивостей (ознак, змін, тенденцій розвитку) досліджуваних об'єктів на основі зібраних статистичних даних або емпіричних досліджень.

6. Динамічний метод запропоновано як оцінювання ризиків, що дозволяє оцінити ступінь і рівень ризику які за допомогою показників характеризують зміну явищ в часі, а також їх випадковість відхилень, що дозволяє відобразити стійкі кореляції та тенденції. Є найефективнішим засобом оцінки.

7. Параметричний метод, як кількісний метод статистичної обробки даних, застосування як закону розподілу досліджуваних ознак в сукупності і обчислення їх основних параметрів.

8. Функціонально-структурний метод, що визначає оптимально-раціональний варіант побудови системи контролю за мінімізацією витрат, ризиків та отримання надійності та якості кінцевого результату.

Для досягнення максимального ефекту та якості системи інтегрального контролю застосовується система методів, що дозволяє розглянути об'єкт дослідження з усіх боків та уникнути некоректних рішень.

Методи управління – це методи реалізації функцій управління, створені задля досягнення встановлених цілей.

Потрібно відзначити, що система інтегрального управління має свій власний інструментарій, який дозволять провести аналіз та подальше розробити стратегію вибору оптимальних організаційно-технологічних рішень з управління будівельними процесами.

На сьогоднішній день інструментів стратегічного планування та управління - SWOT-аналіз, який включає в себе аналіз існуючих сильних і слабких сторін, а також майбутніх можливостей та загроз є найбільш реалістичний та актуальний [24,34,43,48-50].

Класифікація критеріїв як сильних чи слабких сторін базується на оцінці позиції будівельної компанії в порівнянні з основними конкурентами.

SWOT-аналіз орієнтований на перспективу та включає альтернативні сценарії.

Основний недолік SWOT-аналізу полягає у суб'єктивних факторах, зокрема в кваліфікації та досвіді експертів у визначенні критеріїв.

Ще одним інструментом системи інтегрального контролю є аналіз розриву, який базується на припущенні, що між цілями та фактичним досягненням має місце розрив, причиною якого є зміни в сильних і слабких сторонах, можливостях та загрозах. Розрив слід усунути шляхом впровадження відповідних заходів [24,34,43,48-50].

Необхідно вказати метод портфельного аналізу, який використовується для стратегічної оцінки та визначення пріоритетів при розподілі ресурсів між окремими структурними елементами. Ресурси направляються до тих елементів, які можуть приносити користь завдяки своїм конкурентним перевагам.

Поряд із наведеними методами в системі інтегрального контролю будівництва можуть використовуватися такі інструменти управління:

- розрахунок витрат ресурсів за життєвим циклом;
- розрахунок цільових витрат ресурсів;
- інвестиційні розрахунки.

Методологія системного підходу передбачає тісну взаємодію підсистеми інтегрального контролю з іншими компонентами - інвестиційним, будівельним виробництвом, фінансово-економічним, інноваційним, матеріально-технічним плануванням.

Метою цього дослідження, яке є передумовою для подальших наукових досліджень у формуванні єдиної методологічної підстави, спрямованої на забезпечення надійності будівництва в умовах прийняттого ризику та розробки інтегрованої моделі управління ризиками та якістю в будівництві, є обґрунтування доцільності ефективного використання процесу інтеграції управління надійністю та ризиками в сучасних умовах економічної невизначеності країни в цілому.

Визначення принципів застосування інтегрованої моделі управління, модулів управління надійністю будівництва в умовах ризиків на основі динамічних систем.

Досягнення поставленої мети передбачає ретельний аналіз і узагальнення наукових досліджень та практичних методів управління надійністю та ризиками у будівельних проєктах. Використання інтегрованого підходу та методу ідентифікації процесів управління надійністю (QM) та ризиками (RM) у будівельній галузі дозволяє обґрунтувати можливість розроблення комплексного підходу та визначити принципи застосування інтегрованої моделі управління якістю в умовах ризиків.

Дослідження традиційних підходів QM та RM показує, що вони не мають взаємопов'язаної структури факторів впливу. Це підкреслює потребу в їх уточненні шляхом включення до факторів невизначеності зовнішніх ризиків проєкту. Ці ризики можуть призвести до переробки та є факторами

невизначеності, особливо коли розглядається процес управління якістю як Динамічну систему.

Наукова новизна та практична значимість даного дисертаційного дослідження полягають у виправданні необхідності та доцільності інтеграції процесів менеджменту якості (QM) і ризик – менеджменту (RM) у будівництві, з урахуванням принципів управління якістю та ризиками; визначенні модулів та рівнів реалізації інтегрованої моделі управління якістю в умовах ризиків з урахуванням вимог ефективності проєкту.

Висновки до розділу 1

Перегляд і аналіз нормативної та навчально-методичної літератури вказує на те, що однією з провідних тенденцій у розвитку та змінах системи організації будівництва є трансформація існуючих процесів управління будівельними проєктами на основі інноваційного моделювання. Що надасть необхідну адаптацію механізму забезпечення якості та надійності будівництва в умовах реального часу нашої країни.

Згідно з ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва», контроль якості будівельних процесів проводиться на кожному етапі зведення об'єкта відповідно до вимог законодавчої та нормативної бази. Цей контроль включає державний контроль, технічний та авторський нагляд, а також виробничий контроль. Контроль будівництва розпочинається ще на етапі розробки проєктно-технологічної документації (оцінка комплектності та точності проєкту, якість розрахунків, проєктних рішень і т. д.) і продовжується на етапах зведення об'єкту (вхідний, поточний, приймальний контроль) та введення його в експлуатацію (приймальний, інспекційний контроль).

Дослідивши методи які використовуються для забезпечення та можливості підвищення якості і надійності в будівельній галузі України було обґрунтовано, що вони значно відстають від сучасних методів та підходів, які є в розвинених країнах, таких як Європейський Союз та США. У цих країнах не зовнішні контролюючі органи і не замовник, а підрядник здійснює основні заходи з контролю якості та надійності. Підрядник повинен представити замовнику розроблений ним план забезпечення якості, який відповідає вимогам контрактної документації і включає систему управління якістю та надійністю виконання будівельних процесів відповідно до міжнародних стандартів.

Саме тому сьогодні нагальною стає необхідність удосконалення системи формування якості та надійності будівництва шляхом розробки організаційно-

технологічних рішень, які можуть бути використані будівельними підприємствами.

У цьому контексті використання інтегративної моделі управління ризиками та якістю у будівництві є обґрунтованим і потребує подальших досліджень. Запропонований підхід сприяє узгодженню процесів QM і RM з критеріями ефективності проекту, що дозволяє уникнути розбіжностей між вимогами якості об'єкта будівництва та рівнем прийнятних ризиків. Також він враховує вимоги ефективності для забудовника.

Встановлено, що принципи застосування інтегрованої моделі управління якістю та надійністю в умовах ризиків полягають у взаємодоповнюваності та ідентичності процесу управління.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІТИЧНЕ ПІДГРУНТЯ ДО ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕГРОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ БУДІВЕЛЬНОГО ПРОЄКТУ

2.1. Методика і механізм вибору оцінки параметрів організаційно-технологічних рішень забезпечення надійності будівництва

Введення нових нормативних вимог у будівельній сфері, згідно з законодавством України, передбачає перегляд методів нормування у цій галузі. Зараз у світовій практиці застосовуються три методи: розпорядчий (який раніше був єдиним українським методом), параметричний та цільовий. Світовий досвід, а тепер і в Україні, підтримує перевагу параметричного методу. Розпорядчий метод, який до цього часу був єдиним українським методом, на відміну від параметричного та цільового методів, зауважують багато фахівців, не дає можливості вибору найбільш ефективних організаційно-технічних рішень і обмежує можливості застосування альтернативних проектних рішень, конструкцій, матеріалів тощо. Це унеможлиблює прозоре та швидке впровадження інноваційних технологій. На основі цього методу були розроблені ДБН, які зараз застаріли, враховуючи існуючі тенденції та розвиток технологій у будівельній сфері [34,43,36-41,46,47,48-50].

Отже, згідно з законодавством, окрім розпорядчого методу (якого використання надається інструкції крок за кроком), передбачено застосування двох нових методів нормування:

1) Параметричний метод, який передбачає встановлення параметрів для об'єкта нормування. Ці параметри включають якість, безпеку та функціональність. За цим методом, об'єкт нормування повинен відповідати

певним критеріям, але проектувальник та забудовник мають можливість вибрати альтернативні рішення, дотримуючись вимог безпеки, якості та функціональності. Параметричний метод вважається більш прогресивним і широко застосовується в більшості країн. Щодо цільового методу нормування, він є перехідним і поєднує елементи розпорядчого і параметричного методів [47].

2) Цільовий метод поєднує елементи розпорядчого та параметричного підходів. Основна ідея цього методу полягає в установленні вимог до об'єкта нормування в будівництві та визначенні цілей та конкретних критеріїв оцінки його технічних характеристик [44,46,47] .

Варто також відзначити, що методи нормування, які використовуються в розробці міжнародних та глобальних стандартів, традиційно базуються на розпорядчому підході. Проте останнім часом спостерігається тенденція до віддання переваги параметричному підходу в нормуванні. Це пояснюється необхідністю застосування міжнародних стандартів як керівних документів, що визначають цілі нормування та функціональні вимоги до об'єкта нормування. У той же час, це дає можливість національним користувачам міжнародних стандартів самостійно визначати технічні критерії відповідності об'єкта встановленим вимогам та заявленим цілям [34,43,36-41,46,47,48-50].

Ми вважаємо, що це створює передумови для застосування інтегрованого управління. Це надасть українським забудовникам можливість застосовувати сучасні механізми вибору організаційно-технологічних рішень для управління будівельними процесами, що в свою чергу дає підґрунтя для підвищення якості та надійності, збільшенню обсягів будівництва, і є діючим інструментом подальшого виходу з кризової ситуації будівельної галузі в цілому під час війни. Параметричний метод надає максимальну свободу для технічної творчості в будівництві, розширює спектр управлінських підходів в галузі та передбачає максимальну гнучкість в системі прийняття рішень [6,27,33,34,42,52,53,55,56,63,66,69,72,105,108,111].

Використання параметричного методу, з одного боку надає збільшення можливостей для застосування оптимальних організаційно-технологічних рішень, враховуючи можливість зменшення прояву ризиків; удосконалення процедур та процесів прогнозування наслідків від ризиків. [34,43,36-41,46,47,48-50].

З іншого боку, використання та впровадження такого механізму вибору організаційно-технологічних рішень може призвести до збільшення витрат на досягнення вимог якості та надійності об'єкта будівництва. Що, в свою чергу, може збільшити фінансові та організаційно-технологічні ризики для забудовника, оскільки необхідно виправити дефекти та помилки і це буде пов'язано з істотними витратами. Крім того, дефекти можуть бути і навіть на етапі експлуатації, що створює ризики для замовника об'єкта. Це вимагає чіткої координації дій з урахуванням контролю та оцінки якісних показників та удосконалення вимог до процедури введення об'єкта в експлуатацію [34,43,48-50,58,60,61,62,63,64,66,68,74,78].

Ефективність параметричного підходу може бути забезпечена лише тоді, коли він охоплює усі складові системного комплексу технічного регулювання і поєднує керуючі системи в рамках єдиного інтегрованого управлінського підходу. Крім того, такі тенденції ставлять певні додаткові вимоги до оптимальності та оптимізації організаційно-технологічних рішень у будівельних процесах [44,47,48-50,51].

Оптимізація організаційно-технологічних рішень спрямована на вибір найбільш підходящого варіанту серед можливих альтернатив, який, враховуючи конкретні умови та вимоги до показників якості, надійності, безпеки та функціональності, забезпечить максимальне скорочення термінів виконання робіт і оптимальне використання матеріально-технічних ресурсів [34,43,48-50,58,60,61,62,63,64,66,68,74,78].

Оптимальність рішень забезпечується за допомогою варіантного проєктування та всебічного аналізу альтернатив, що дозволяє аналізувати організаційно-технологічні рішення та проводити порівняльний аналіз на

кожному етапі. Визначення критеріїв оптимальності, індивідуальних для кожного будівельного об'єкта, відбувається з урахуванням організаційної структури підприємства, форми фінансування та інших факторів. Організаційно-технологічні рішення визначаються як комплекс заходів, спрямованих на введення об'єкта в експлуатацію у встановлений термін з високими показниками якості, надійності та функціональності, з урахуванням ефективності процесу будівництва. Ризики, пов'язані з реалізацією проєкту, можуть призвести до додаткових витрат та впливати на ефективність, зокрема збільшуючи планові витрати [34,43,48-50,58,60,61,62,63,64,66,68,74,77-79,85-86].

Це вимагає відповідності кожного організаційно-технічного рішення встановленим критеріям і можливість їх порівняння для вибору найбільш ефективного з точки зору зниження ризику, досягнення ефективності - відносно їх вартості, та критеріям доцільності, оцінки впливу на якісні показники, реалізації у відведений час, компетентності і технологічної можливості - щодо їх можливості до втілення. Саме інтегрований підхід управління будівельними процесами передбачає врахування усіх можливих перспектив впливу кожного організаційно-технологічного рішення на встановлені цільові показники якості, надійності, функціональності і, головне, ефективності реалізації проєкту та отримання кінцевого продукту будівництва. У контексті бізнес-процесів, де вирішується певна проблема, інтегрований підхід розглядають як підхід, що дозволяє враховувати всі можливі перспективи, а з інструментальної точки зору - є найбільш ефективним методом оцінки [35,48-50].

У рамках цього дослідження ми плануємо застосовувати інтегрований підхід, який включатиме поєднання механізмів вибору організаційно-технологічних рішень. Цей підхід має на меті забезпечити високі якісні показники об'єкта будівництва, досягнення параметричних показників процесу будівництва та ефективне управління якістю (QM). Він також буде враховувати фактори невизначеності та ризику, за допомогою організаційного

механізму прийняття рішень, що включає ризик-менеджмент (RM). RM передбачає виявлення ризиків та проведення оцінки можливого їх виникнення, наслідків від них, процедури їх мінімізації та інші важливі аспекти [24,48-50,64].

Механізм вибору організаційно-технологічних рішень, ґрунтується на інтегрованому управлінні будівельними процесами, що відображається у багатьох міжнародних стандартах ISO. Він дозволяє вирішувати проблему синхронізації в прийнятті рішень для використання діючих організаційно-технологічних заходів враховуючи вплив часу. Ефективність прийняття оптимального рішення зростає за допомогою інформаційних та функціональних зв'язків в межах виробничих процесів. Оскільки будівельні процеси складні та пов'язані з ризиками та невизначеністю, ситуаційний підхід також стає необхідним [34,43,48-50,58,60,61,62,63, 64,66,68,74,78].

Для ефективного управління будівельними процесами в умовах невизначеності та ризику необхідно врахувати системний алгоритмічний механізм. Цей механізм повинен забезпечувати координацію функцій управління, їх паралельне та неперервне виконання у межах окремих процесів, а також швидке та ефективне прийняття рішень у непередбачених ситуаціях за мінімально можливий час [24,48-50,64].

Дослідження ефективності існуючих систем управління підкреслює важливість інтегрованого підходу, який поєднує процесний та ситуаційний методи в управлінні будівельними процесами. Одним з ключових завдань управління в умовах ризику є реалізація попереджувальних заходів та ефективне вирішення непередбачених ситуацій або відхилень від якісних стандартів. Розглядаючи питання усунення проблемних ситуацій, можна визначити, що вчасне та раціональне прийняття рішень забезпечує мінімальні втрати. Для цього необхідно вибирати оптимальні організаційно-технологічні заходи та забезпечувати їх необхідними матеріально-технічними ресурсами. Це, в свою чергу, передбачає розвиток автоматизованих систем управління проєктами, підвищення рівня інформаційної та інтелектуальної підтримки

прийняття рішень, що має бути частиною інтегрованого підходу. [6,27,33,34,42,52,53,55,56,63,66,69,72,105,108,111].

Перші кроки до впровадження інтегрованого управління будівельними процесами передбачають:

- Аналіз обширної інформації для ухвалення управлінських рішень.
- Розмірність завдань ухвалення рішень та багаторівневий управлінський процес.
- Постійна динаміка змін у будівельній галузі, таких як законодавство, технології, фінанси і т. д.
- Вплив випадкових факторів, які часто мають нечіткий характер у завданнях прийняття рішень..

Взаємодія алгоритмічних механізмів спрямована на досягнення системності та комплексності у процесі підтримки вибору організаційно-технологічні рішень. Це передбачає формалізацію експертних висновків для зниження рівня невизначеності, ранжування параметрів та критеріїв вибору рішень, а також забезпечення інформаційного та функціонального наповнення системи [1,2,3,5,11,12,14,15,23,25,28,29,34,43,48-50,82].

Виявлення ризику передбачає комплекс процесів в межах певного організаційно-технологічного рішення за визначений період часу. Ця величина визначається, як наслідок і – го ризику (втрати) – L_i . Ранжування та аналіз ризиків (R_i) за рівнем впливу на проєкт, передбачає також оцінку його імовірності (p_i), очікувана величина ризику використовується для визначення страхового резерву часу (або матеріально – технічних ресурсів):

$$R_i = L_i * p_i .$$

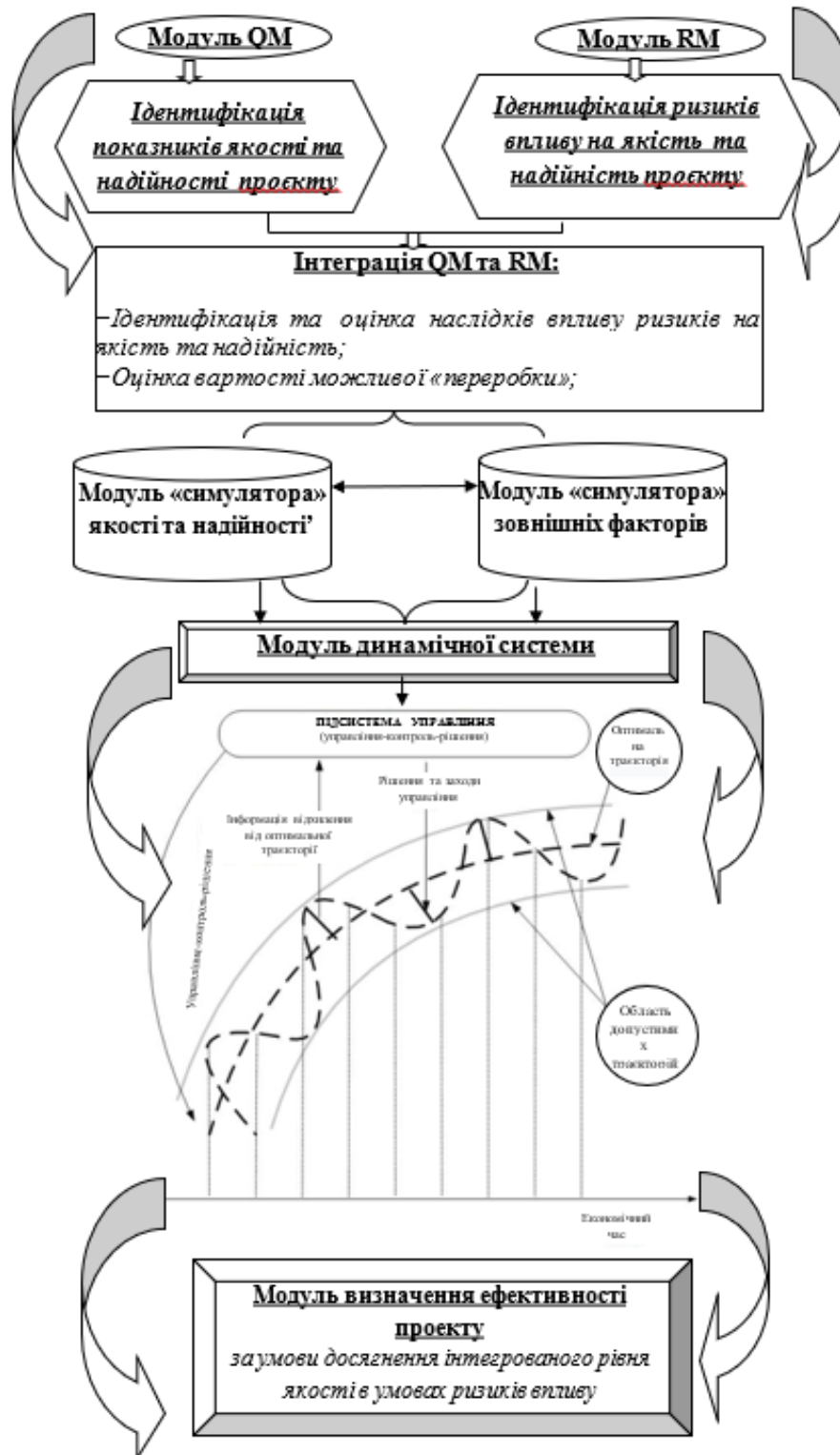


Рисунок 2.1 - Процедура управління якістю та надійністю будівництва на основі системної динаміки (SD)

2.2. Моделювання управління надійності будівельних процесів

Модель управління надійності будівельного проєкту формується із організаційно–технологічних модулів процесу (що відповідають окремим організаційно – технологічним рішенням) – включають сукупність процесів, які об'єднані одним організаційним підходом, технологічною послідовністю, функціональним призначенням, та залежать від певних організаційних, технологічних, управлінських факторів та факторів невизначеності (ризиків) [6,27,33,34,42,52,53,55,56,63,66,69,72,105,108,111].

Вплив вище перерахованих факторів на кінцевий інтегральний показник якості та надійності проєкту здійснюється на всіх етапах його життєвого циклу. Оцінка цього впливу є суттєвою для розв'язання задачі вибору оптимальних організаційно-технологічних рішень, що найбільш ефективно здатні забезпечити параметри якості та надійності готового будівельного об'єкту. Для цього визначемо інтегральний показник якості проєкту (IQP - integral indicator of project quality). Мета цього підходу полягає в об'єднанні окремих показників організаційних, технологічних та управлінських факторів з урахуванням їх динаміки та можливості оцінки у вигляді конкретного числа, що дозволяє аналізувати всі аспекти будівельного проєкту з точки зору якості та їх впливу на кінцеві результати якості з погляду ефективності. Отже, головною метою виконання будівельного процесу є досягнення запланованих параметрів якості за найефективнішими (і економічно доцільними) методами [34,43,48-50,58,60,61,62,63,64,66,68,74,78].

Поєднання дискретного процесу управління та дискретно-неперервного виробництва в будівництві, яке охоплює множину різноманітних параметрів, ускладнює оцінку потенційного стану об'єкта та ускладнює вибір серед альтернативних методів прийняття рішень в умовах невизначеності (ризиків). Ця складність вимагає розробки ситуаційних моделей в рамках ситуаційного підходу, який дозволяє кількісно оцінювати (розбивати діапазони відлікових

значень на обмежену кількість рівнів та округляти їх до одного з двох найближчих рівнів) потоки управлінських впливів за часом та розміром цих впливів. Це надає можливість представляти ситуаційну модель у термінах встановленої концепції:

$$M_{co} = \langle O, \Omega, \Omega_{\delta}, K_s(\Omega), K_t(\Omega_{\delta}) \rangle, \quad (2.1)$$

де $O = O_{od} \cap O_{ep}$, – сукупність об'єктів організаційно–технологічних рішень;

O_{od} – множина процесів організаційно–технологічних рішень;

O_{ep} – множина під процесів (процедур) в межах організаційно–технологічного рішення;

$\Omega = \langle O_1 \times O_2 \times O_3 \dots \times O_n \rangle$ – простір стану системи управління, n – кількість об'єктів організаційно–технологічних рішень;

Ω_{δ} – множина допустимих станів об'єкту управління (у відповідності із визначеними критеріями оптимальності прийняття рішень), $\Omega_{\delta} \cap \Omega$;

$K_s(\Omega)$ – обмеження стану об'єкта управління, $K_s(\Omega) \rightarrow \Omega_{\delta}$;

$K_t(\Omega_{\delta})$ – критерії переходу об'єкта організаційно–технологічного рішення в просторі станів (вибір траєкторії руху): $\Omega_{\delta}^1 = K_t(\Omega_{\delta}^2)$, де $\Omega_{\delta}^1, \Omega_{\delta}^2$ – стан об'єкта в процесі переходу (впливу організаційно–технологічного рішення на об'єкт).

Відповідно i -ту ситуацію виникнення відхилення параметричних показників S_i , яка потребує коригування, шляхом реалізації певного організаційно – технічного рішення, можна представити у вигляді функції:

$$S_i = \langle \Omega^{Si}, K_{ij}(\Omega_{\delta}), L_k(t), \Omega_{\delta}^k, \varphi(\Omega_{\delta}^{\Pi}, L_k(t)) \rangle, \quad (2.2)$$

де Ω^{Si} – множина параметрів стану системи управління, що відповідають ситуації (S_i) виникнення відхилення параметричних показників; Ω_{δ}^{Π} – поточний стан об'єкта управління, що потребує реалізації організаційно–технологічного рішення; $K_{ij}(\Omega_{\delta})$ – критерії (правила) формування станів Ω^{Si} , $K_{ij}(\Omega_{\delta}) \rightarrow \Omega^{Si}$ для об'єкта організаційно–технологічного рішення при переході

його стану від $j - \bar{i}$ до $i - \bar{i}$ ситуації; $L_e(t)$ – керуючі впливи, спрямовані на кінцевий стан об'єкта управління у відповідності з поставленою метою (параметрами) управління; Ω_δ^e – множина бажаних альтернативних кінцевих станів об'єкта управління; $\varphi(\Omega_\delta^П, L_e(t))$ – умови перетворення величин керуючого впливу для переходу об'єкта управління з поточного стану (що потребує коригуючі дії) в цільовий (новий) $\Omega_\delta^П, \Omega_\delta^{П=}\varphi(\Omega_\delta^П, L_e(t))$.

Використання ситуаційного підходу дозволяє розглядати стан окремих управлінських об'єктів, на які спрямовані організаційно-технологічного рішення, у контексті різноманітних ситуацій. На рівні цих ситуацій відбувається процес ухвалення рішень, заснований на виборі послідовності зміни стану об'єкта або траєкторії його розвитку відповідно до встановлених цільових параметрів.

Процесний підхід передбачає застосування алгоритму дій для переходу об'єкта управління з поточного стану до досягнення цільового. Успішність цього процесу визначається ймовірністю досягнення цільових параметрів об'єкта управління в цільовому стані, що виступає критерієм якості вибору та реалізації організаційно-технічного рішення. Загалом, це включає сукупність операцій та послідовностей усіх процесів, спрямованих на досягнення цільових параметрів будівельного процесу.

У спрощеному вигляді, послідовність процесів здійснення організаційно-технологічного рішень, спрямованих на досягнення певних якісних показників та усунення ризиків, розглядається як низка функціональних блоків окремих процесів. Ця низка передбачає трансформацію параметрів, що керують впливом на об'єкт управління, залежно від використаних матеріально-технічних ресурсів, для досягнення бажаного стану цього об'єкта управління $\Omega_\delta^{П=}\varphi(\Omega_\delta^П, L_e(t))$ (рис. 2.2) [24,48-50]



Рисунок 2.2. Схема функціонального блоку окремого під процесу керуючого впливу організаційно – технологічного рішення

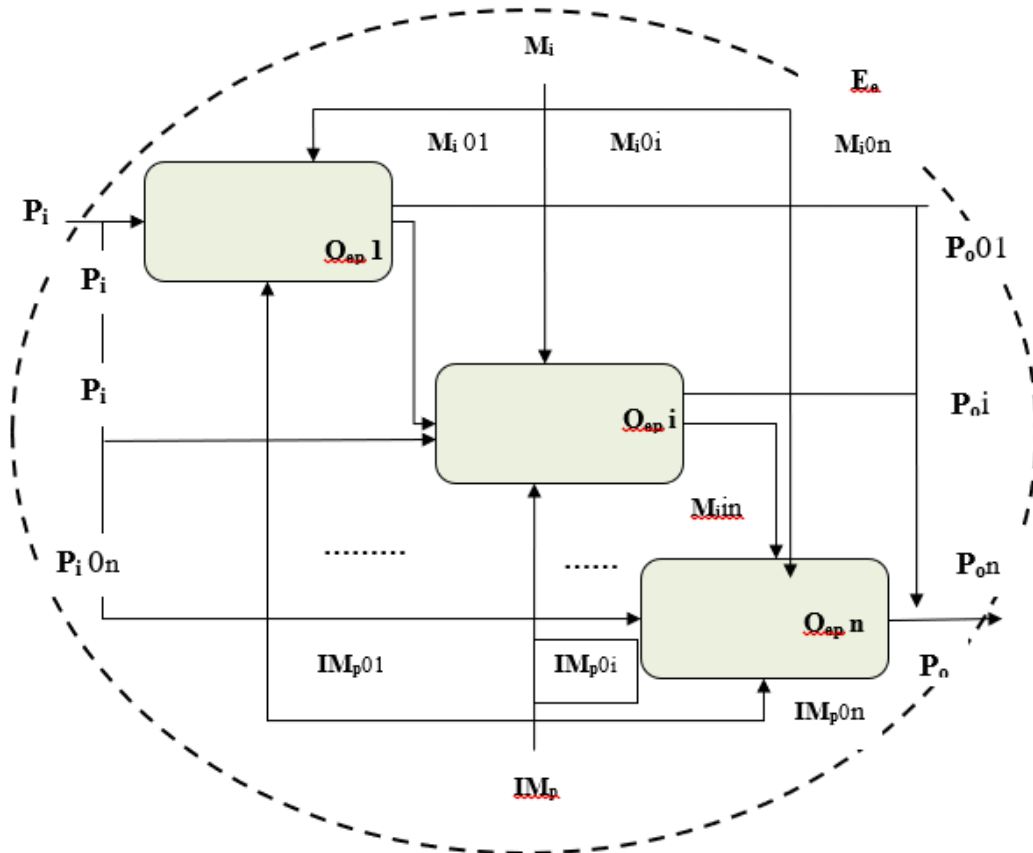


Рисунок 2.3. Узагальнена схема структури процесу керуючого впливу організаційно – технологічного рішення

Функціональна модель системно-інтегрованого підходу до вибору організаційно-технологічних рішень, спрямованих на досягнення параметричних критеріїв як цільових показників управління будівельними процесами в умовах невизначеності, описує спосіб організації процесів управління на основі ситуаційної моделі та алгоритму підтримки процесів ухвалення рішень щодо вибору найбільш доцільного організаційно-технологічного рішення відповідно до заданих параметрів.

Організаційно-технологічна документація будівельних процесів розробляється відповідно до вимог ДБН А.3.1–5:2016 «Організація будівельного виробництва», яка встановлює загальні вимоги щодо організації будівельного виробництва. Ці вимоги передбачають впровадження комплексу заходів з метою досягнення високої продуктивності праці, зменшення витрат ресурсів, оптимізації термінів будівництва та впровадження сучасних технологій. Таке регулювання, яке має рекомендований характер стосовно організаційно–технологічних рішень, формує вимоги до вирішення науково-практичної задачі підвищення якості та надійності таких рішень, що потребує нових методів прийняття рішень. Ця задача пов'язана із великою кількістю факторів впливу на прийняття рішення, необхідністю охоплення та аналізу великих обсягів інформації у відносно стислі терміни [36-41].

Ще однією проблемою, на нашу думку, є відсутність нормативних документів у будівельній галузі України, які б регулювали процес розроблення організаційно-технологічних рішень за допомогою інформаційного моделювання. У той же час більшість країн ЄС та США, мають національні стандарти BIM, що передбачають розроблення будівельних проєктів з використанням технологій інформаційного моделювання. Можливість впровадження такого стандарту, на основі вивчення зарубіжних аналогів і їх адаптації до українських умов, також є актуальною проблемою з точки зору підвищення якості організаційно-технологічних рішень [24,48-50].

Сучасні завдання в організаційно-технологічному моделюванні в будівництві передбачають узгодження великої кількості параметрів як у

просторі, так і в часі. Цей процес ускладнюється необхідністю вирішення багатьох локальних організаційно-технологічних завдань (оптимальний вибір), поєднаних з великою кількістю комбінацій проектних рішень.

Крім того, одним з головних фактором є все ж таки критерій вибору організаційно–технологічного рішення, якщо розглядати з точки зору ефективності, та стосовно загального процесу будівництва – це задача в експлуатацію об’єкта із проектними показниками у встановлений термін та із запланованими витратами (пакет проектно-кошторисної документації). Стосовно окремого під процесу, або окремого організаційно–технологічного рішення – це критерії: часу, витрат, ступень впливу на ефективність проекту взагалі.

Основні вимоги на етапі реалізації об’єкта включають: вимоги до якості (якісні показники), терміни виконання (часові витрати на виконання проекту в цілому; час на усунення дефектів та відхилень), вартість проекту (загальна вартість проекту; вартість окремих організаційно-технологічних рішень, спрямованих на усунення дефектів та відхилень, а також наслідки ризиків). У ситуаціях, коли порушується графік виконання робіт у будівельних процесах, важливі параметри проекту, такі як кошторисна вартість, терміни виконання та якість об’єкта, стають критичними. Ці параметри можуть бути викликані різними ризиками (технологічними, фінансовими, організаційними тощо), і, відповідно, список та зміст організаційно-технологічних рішень може значно відрізнятися від тих, що передбачені в організаційно-технологічній документації. Незважаючи на зусилля проектних організацій у розвитку ефективних методів роботи, в тому числі застосування геологічних інформаційних систем та широкий спектр програм, таких як ERP (Enterprise Resource Planning) та PM (Project Manager), дотримання графіків виконання виробничих процесів залишається складною задачею. Це може бути спричинено недостатньою оцінкою зовнішнього середовища, неоднорідністю прогнозування наслідків його впливу на об’єкт, а також якістю показників будівельних процесів. Такі ускладнення також впливають на інші параметри,

які потрібно розглядати з урахуванням ризиків зовнішнього середовища [1,2,3,5,11,12, 14,15,23,25,28,29,34,43,48-50,82].

Для вирішення важливих складних виробничих завдань, які вимагають обробки великого обсягу даних, підприємства будівельної галузі використовують методи комп'ютерного моделювання. На сьогоднішній день ці методи активно розвиваються за допомогою розширення систем координат. І вже зараз існують моделі, що трансформуються із 3D в 6D, включаючи окрім просторових координат, часові, вартісні, технологічні [6,27,33,34,42,52,53,55,56,63,66,69,72, 105,108,111].

Загалом, ефективність концепції інформаційного моделювання була доведена як науковою спільнотою, так і на практиці реалізації проектів. Проте створення таких моделей залишається складним і витратним процесом, що є доцільним лише при їхньому використанні протягом усього життєвого циклу проекту.

Уведення інформаційного моделювання в практику будівництва українських компаній відбувається дуже повільно і суттєво відстає від світових тенденцій у цьому напрямі. Крім того, це введення не забезпечує на сьогодні комплексний підхід та стратегічні напрями розвитку будівельної галузі.

Ми також вважаємо, що механізм вибору організаційно-технологічних рішень повинен враховувати застосування технічних рішень та окремих конструктивних параметрів будівельних об'єктів в різних умовах зовнішнього середовища [34,43,48-50,58,60,61,62,63,64,66,68,74,78].

В межах інтегрованого підходу, механізм вибору організаційно – технологічних рішень на підставі оптимальності, повинен базуватися на таких критеріях, як кошторисна вартість проекту (та окремих рішень), строки реалізації, параметри якості об'єкту з урахуванням ідентифікованого переліку ризиків, супутніх реалізації того, чи іншого варіанту технологічного рішення. Відповідно при виборі організаційно-технологічних рішень необхідно використовувати моделі, які враховують синергетичний ефект факторів, що

можуть впливати на ефективність діяльності через інтеграцію та злиття окремих частин у єдину систему [24,48-50].

Використання емпіричного методу для побудови моделей, спрямованих на реалізацію механізму вибору організаційно-технічних рішень, обумовлено необхідністю врахування різних факторів у процесі вирішення проблеми оптимального вибору рішення та оцінки ризиків. Ця оцінка повинна базуватися на ефективній системі прогнозування, яка може ґрунтуватися на статистичних даних або експертних оцінках. Таким чином, керівну роль у межах інтегрованого підходу повинна відігравати оцінка всіх зазначених параметрів організаційно-технологічних рішень, розгляд якої слід вважати одним із інструментів інтегрованого управління.

Отже, можемо стверджувати, що формування організаційно-технологічних рішень це складний та витратний процес, який потребує велику кількість учасників. Крім того, прийняття рішень виключно на підставі математичних моделей та критеріїв іноді є такими, що не може відобразити усі об'єктивні наслідки такого рішення, що можуть виникнути під час реалізації проекту (особливо це стосується вибору організаційно-технологічних рішень, спрямованих на усунення наслідків ризиків). Тому необхідно застосовувати експертні методи для створення матриці базових параметрів, які враховують аналогічні ситуації при вже реалізованих проектах [34,43,48-50,58,60,61,62,63,64,66,68,74,78].

2.3. Оцінка впливу факторів на організаційно-технологічні рішення управління будівельними процесами

Ще однією необхідною умовою для забезпечення ефективності механізму вибору організаційно-технологічного рішення є встановлення пріоритетів поряд з визначенням параметрів. Це пояснюється тим, що у

випадку виникнення певних ризиків, для забезпечення певного рівня одного параметру (наприклад, якості), ми можемо бути змушені змінити вимогу до іншого параметру (наприклад, строків виконання або вартості проєкту) [48-50].

Але нам потрібно врахувати, що процес проєктування організаційно-технологічних рішень ґрунтується на технічних умовах, які визначають функціональне призначення та конструктивно-технологічні параметри. І ці умови служать основою для створення комплексу організаційно-технологічних рішень $(S_{ot1}, S_{ot2}, \dots, S_{otn})$ з урахуванням: конструктивних особливостей проєкту; обмежень у просторі, часі, логістиці та інших аспектах; забезпечення фінансовими та людськими ресурсами; доступ до технологічних ресурсів; можливість використання конкретного обладнання та технологій; параметри досягнення ефективності в реалізації проєкту (якість, надійність, функціональність, вартість); ідентифіковані ризики та їх наслідки від певних організаційно-технологічних рішень [24,48-50].

На основі цілей організаційно-технологічного проєктування, процес визначення організаційно-технологічних рішень може бути упорядкованим у вигляді такої інформаційної моделі:

$$S_{oti} \{Z_i, P_{oti}, C_{ci}, C_{ti}, Q_i\} \quad (2.3)$$

Z_i – параметри зовнішнього середовища, в якому реалізовується проєкт;

P_{oti} – показники (вимоги) організаційно – технологічного рішення;

C_{ci} – інтегральні обмеження проєкту щодо вартості;

C_{ti} – інтегральні обмеження проєкту щодо строків реалізації;

Q_i – параметри якості проєкту (в тому числі параметри надійності, функціональності, екологічності).

Основними принципами, на яких ґрунтується механізм вибору організаційно-технологічних рішень, є системність, безпека, гнучкість, ресурсозбереження, якість та ефективність. Ці принципи дозволяють розглядати будівельний процес як єдину систему, що включає різноманітність елементів, пов'язаних численними зв'язками конструктивного,

технологічного, організаційного та економічного характеру, і має певну ієрархічну структуру. Принцип безпеки передбачає застосування об'ємно-планувальних, конструктивних та організаційно-технологічних рішень, розроблених для конкретного будівельного процесу відповідно до вимог зовнішнього середовища, і спрямований на стійкий розвиток процесу, у тому числі в разі непередбачуваних ситуацій (ризиків).

Гнучкість системи передбачає її здатність адаптуватися до змін, компенсувати дестабілізуючі фактори (наслідки ризиків), що можуть виникнути в процесі будівництва, за умови забезпечення проектних параметрів (показників якості) та директивних строків процесу.

Ресурсозбереження будівельних процесів передбачає розроблення заходів, спрямованих на раціональне та оптимальне використання усіх будівельних ресурсів, і як зазначено в [Шаповал, С. В., & Болотських, О. М. Проблеми ресурсозбереження у будівельній галузі], ресурсозбереження має розглядатися на всіх етапах будівництва.

При розгляді якості як сукупності характеристик, які повинні відповідати встановленим або передбачуваним вимогам, в контексті будівельного процесу маємо на увазі, що параметри будівельних процесів (об'єкта будівництва) повинні відповідати вимогам проекту, технологічній документації, діючим стандартам, нормам, технічним регламентам та іншим вимогам, що базуються на системі моніторингу і контролю на всіх етапах будівельного процесу та життєвому циклі об'єкта будівництва.

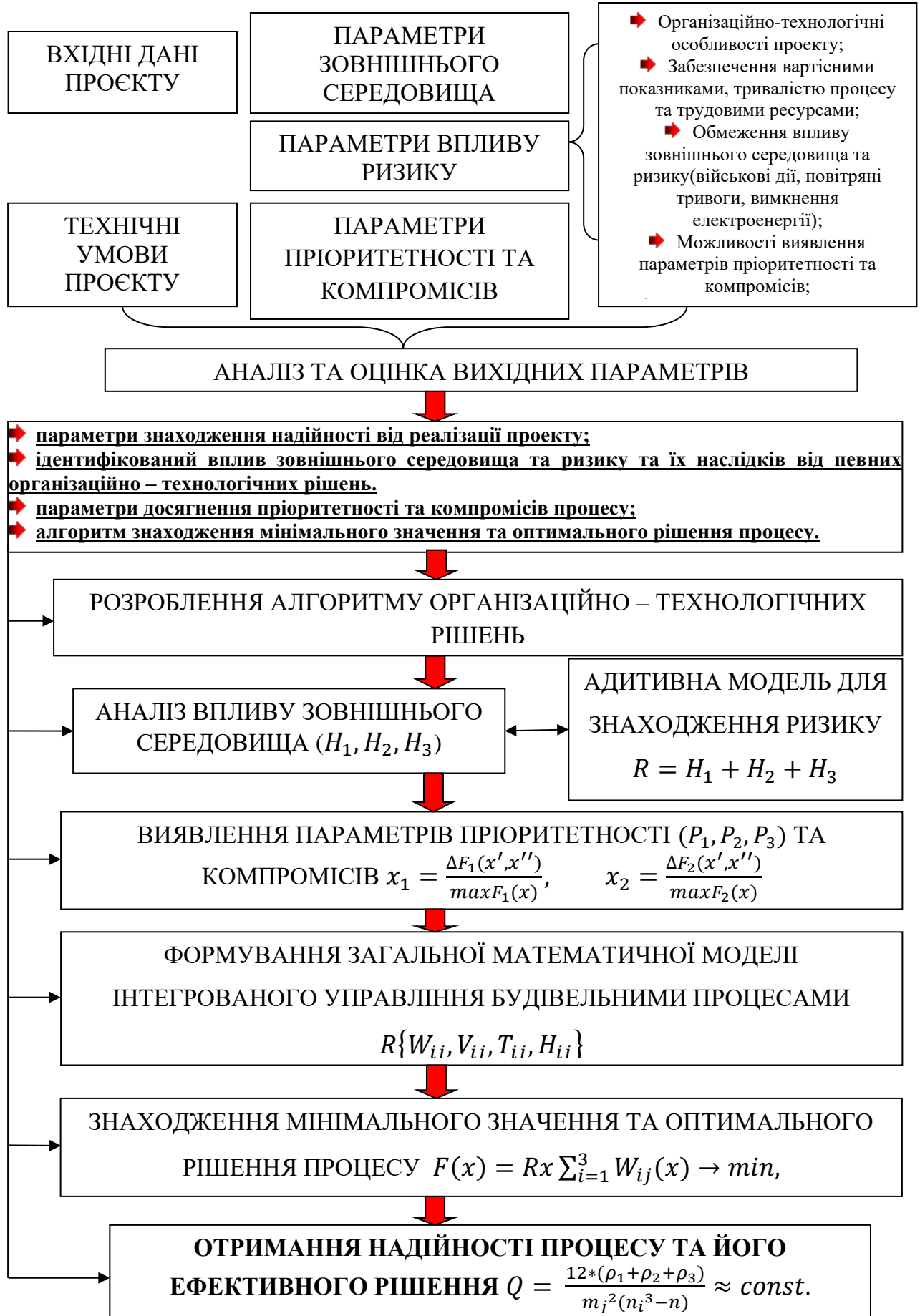


Рисунок 2.4. Методика оперативної оцінки параметрів в механізмі вибору

організаційно - технологічних рішень

Рівень відповідності запланованим показникам будівельного процесу порівнюється з фактичними результатами, що оцінюються за такими критеріями, як строки, вартість, якість та обсяги витрат ресурсів. Цей порівняльний аналіз визначається принципом ефективності. Проте такий підхід до ефективності лише зводиться до оцінки відповідності чи невідповідності визначеним параметрам, що виключає економічне обґрунтування ефективності будівельного процесу. На нашу думку, це суперечить принципу гнучкості системи та утруднює досягнення основної мети будь-яких господарських процесів – отримання запланованого рівня рентабельності, прибутку та оцінки ефективності, що вимірюється як співвідношення чистого прибутку до загальних витрат процесу.

Організаційно-технологічні рішення становлять основу такої системи, яка визначає її стійкість до впливу різноманітних факторів, включаючи зовнішні, що безпосередньо пов'язані із ризиками будівельних процесів. Тому цілком обґрунтовано розглядати організаційно-технологічні рішення з точки зору їх якості та ефективності.

В сучасний час однією з найбільш актуальних тем у сфері підготовки та здійснення будівельних процесів є розробка інтегральної моделі організаційно-технологічних та управлінських рішень, яка дозволяє визначити критерії вибору таких рішень з позиції оптимальності. Проте оптимальність повинна враховувати не лише вартість реалізації таких рішень, а й відповідність визначеним вимогам якості. Проте на практиці часто виникає ситуація, коли покращення показника якості призводить до погіршення ефективності (економічної) організаційно-технологічного рішення або впливає на строки реалізації проєкту. Це часто пов'язано з участю в будівельному процесі суб'єктів з протилежними інтересами: проєктувальники зацікавлені в розробці проєктної документації з максимально якісними рішеннями за максимальну вартість своїх послуг, а підрядники стараються застрахувати себе від можливих наслідків, пов'язаних з недоліками проєктної

документації. У таких умовах параметр якості стає важливим, адже потребує контролю та оцінки з позиції об'єктивності. Необхідно всебічно враховувати фактори, що впливають на показники якості та проводити оцінку інтегральних показників якості окремих організаційно-технологічних рішень, які впливають на якість будівельного процесу та об'єкта в цілому.

Сучасні вимоги до підвищення надійності будівельних об'єктів, включаючи розширення параметрів, таких як енергоефективність, екологічність та надійність, ставлять перед нами завдання визначення способу оцінки якості, яка б враховувала як етапи проектування та розробки організаційно-технологічних рішень, так і їх реалізацію.

Будівельне виробництво, як складна динамічна система, має чітко спрямований характер. Тому якісне проектування та управління будівельними процесами в умовах невизначеності та ризиків можливе лише при умові застосування інтегрованого підходу або управління, що забезпечує ефективність та надійність. Основною метою організаційно-технологічного рішення є досягнення основних планових показників якості за мінімальних витрат ресурсів. Рациональна організація будівництва на підґрунті розробки механізму вибору оптимальних організаційно-технологічних рішень передбачає розробку технологічних карт, перерозподіл ресурсів, визначення методів організації робіт та інші дії.

Проблему з підвищення якості необхідно розглядати комплексно, враховуючи вплив на якість та надійність відповідних організаційно-технологічних рішень з урахуванням ефективності. Показник «ефективність організаційно-технологічного рішення» слід розглядати як показник, який відображає обґрунтованість вибору такого рішення з урахуванням можливості досягнення запланованих параметрів якості з мінімальними ресурсами.

З огляду на це, ефективне управління якістю будівельної продукції полягає в досягненні оптимального балансу між ціною та якістю продукції шляхом зменшення виробничих витрат, при цьому не зашкоджуючи досягненню запланованих якісних показників.

У зв'язку з цим, якість організаційно-технологічного рішення, у контексті його ефективності, визначається його здатністю досягати показників якості з мінімальними витратами ресурсів (технічних, фінансових, часових, людських тощо). Важливо врахувати, що дуже складно визначити якість конкретного організаційно-технологічного рішення через його складний вплив на кінцеві якісні характеристики готового об'єкту.

Це вимагає розгляду показників якості організаційно-технологічних рішень в межах інтегрованого підходу, що дозволяє поєднати всі фактори, що можуть вплинути на якість об'єкта будівництва. Такий підхід дозволяє оцінити якість окремих рішень, розробити модель управління якістю та прогнозувати вплив кожного організаційно-технологічного рішення на якість об'єкту ще на стадії проектування, а також виявляти відхилення цих прогнозів у процесі.

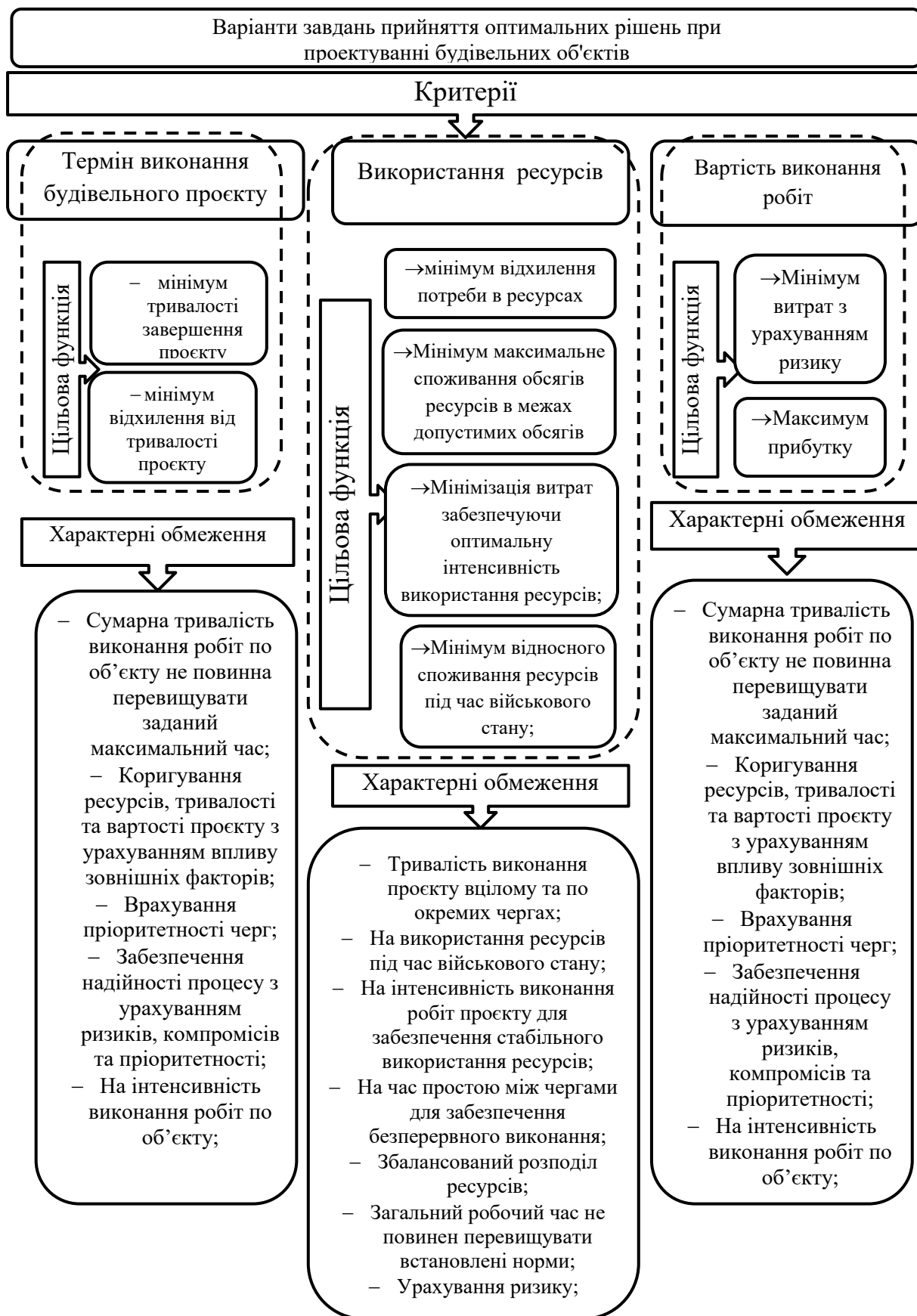


Рисунок 2.5 – Вибір організаційно-технологічних рішень на підґрунті інтегрованого управління будівельними процесами

Висновки до розділу 2

Планування та вибір стратегії у втілення будівельних проєктів потребує ретельного аналізу можливостей замовника та підрядника. Цей аналіз спрямований на оцінку пропозиційних варіантів щодо організаційно-технологічних рішень з урахуванням таких ключових аспектів, як вчасне завершення проєкту, фінансова доцільність, доходи та оцінки надійності прийняття даного рішення.

Проведені дослідження дозволяють зробити такі висновки:

1. Встановлено, що оптимальність рішень забезпечується за допомогою варіантного проєктування та всебічного аналізу альтернатив, що дозволяє аналізувати організаційно-технологічні рішення та проводити порівняльний аналіз на кожному етапі. Визначення критеріїв оптимальності, індивідуальних для кожного будівельного об'єкта, відбувається з урахуванням організаційної структури підприємства, форми фінансування та інших факторів. Організаційно-технологічні рішення визначаються як комплекс заходів, спрямованих на введення об'єкта в експлуатацію у встановлений термін з високими показниками якості, надійності та функціональності, з урахуванням ефективності процесу будівництва. Ризики, пов'язані з реалізацією проєкту, можуть призвести до додаткових витрат та впливати на ефективність, зокрема збільшуючи планові витрати.

2. Доведено, що у сучасний час однією з найбільш актуальних у сфері підготовки та здійснення будівельних процесів є розробка інтегральної моделі організаційно-технологічних та управлінських рішень. Ця модель дозволяє визначити критерії вибору таких рішень з позиції оптимальності. Однак оптимальність має застосовуватись лише до вартості реалізації цих рішень, при умові виконання встановлених вимог щодо якості. Зазначимо, що на практиці дуже часто виникає ситуація, коли підвищення показника якості призводить до зниження показника ефективності (економічного) організаційно-технологічного рішення (або процесу в цілому), або впливає на

строк виконання проєкту. Під час реалізації проєктів тривалість виконання робіт та наявність ресурсів знаходяться у взаємному протистоянні: скорочення тривалості будівництва призводить до збільшення витрат ресурсів на одиницю часу, а зменшення інтенсивності використання ресурсів викликає збільшення часу виконання робіт. Ці умови вимагають застосування наукових досліджень у галузі систем моделей і методів, що дозволяють проводити різноманітний аналіз і обґрунтований вибір організаційно-технологічних рішень для знаходження проєкту з мінімальними витратами та виконанням його в заданий термін.

3. Для ефективного управління будівельними процесами в умовах невизначеності та ризику необхідно врахувати системний алгоритмічний механізм. Цей механізм повинен забезпечувати координацію функцій управління, їх паралельне та неперервне виконання у межах окремих процесів, а також швидке та ефективно прийняття рішень у непередбачених ситуаціях за мінімально можливий час.

4. В межах інтегрованого підходу, механізм вибору організаційно-технологічних рішень на підставі оптимальності, повинен базуватися на таких критеріях, як кошторисна вартість проєкту (та окремих рішень), строки реалізації, параметри якості об'єкту з урахуванням ідентифікованого переліку ризиків, супутніх реалізації того, чи іншого варіанту технологічного рішення. Відповідно при виборі організаційно-технологічних рішень необхідно використовувати моделі, які враховують синергетичний ефект факторів, що можуть впливати на ефективність діяльності через інтеграцію та злиття окремих частин у єдину систему.

5. Необхідною умовою для забезпечення ефективності механізму вибору організаційно-технологічного рішення є встановлення пріоритетів поряд з визначенням параметрів. Це пояснюється тим, що у випадку виникнення певних ризиків, для забезпечення певного рівня одного параметру (наприклад, якості), ми можемо бути змушені змінити вимогу до іншого параметру (наприклад, строків виконання або вартості проєкту).

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЙНО- ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ НА ПІДГРУНТІ ІНТЕГРОВАНОГО УПРАВЛІННЯ БУДІВЕЛЬНИМИ ПРОЦЕСАМИ

3.1 Розробка механізму вибору організаційно-технологічних рішень на підґрунті інтегрованого управління будівельними процесами

Будь-який проєкт будівлі або споруди характеризується багато розмірними показниками ефективності (РПЕ), що є техніко-економічними показниками (ТЕП) і якісними характеристиками (ЯХ). ТЕП, як правило, виражається у числовій оцінці, ЯХ не завжди є можливість оцінити показниками, що мають конкретну розмірність (дименсію) [48,5-54,58,59,61].

Якісні характеристики є додатковими вимогами переважно соціального характеру, не виконання яких може привести до небажаних наслідків, впливаючи на навколишнє середовище, створюючи небезпечні умови праці та зниженню довговічності конструктивних елементів або об'єктів.

У зв'язку зі зростанням складності будівельних проєктів та постійною зміною вимог замовників, виникає необхідність у нових стратегіях управління будівельними процесами. Однією з таких стратегій є інтегроване управління будівельними процесами.

Інтегроване управління будівельними процесами - це стратегічний підхід, спрямований на координацію всіх аспектів будівництва, починаючи від планування і закінчуючи здачею проєкту, з метою оптимізації ресурсів та підвищення ефективності. Це включає в себе інтеграцію проєктування, будівельних робіт, управління витратами, контроль якості та безпеки, що дозволяє уникнути зайвих витрат часу та грошей [24,48-50].

Інтегроване управління будівельними процесами охоплює кілька ключових аспектів:

Планування та координація	забезпечує гармонійну взаємодію всіх учасників процесу, що враховує різноманітні фактори впливу
Комунікація та співпраця	ефективна комунікація між всіма учасниками проекту. Це сприяє швидкій реакції на зміни у вимогах та уникненню можливих конфліктів
Використання технологій	сучасні технології, такі як Інтернет, хмарні обчислення та штучний інтелект, використовуються для збору, аналізу та використання великого обсягу даних, що дозволяє удосконалювати процес управління будівництвом
Управління ризиками	управління ризиками, спрямовану на ідентифікацію, оцінку та управління ризиками, пов'язаними з будівельним проектом. Це дозволяє забезпечити попереднє передбачення можливих проблем
Стратегічне планування	вимагається ретельне планування, яке охоплює всі етапи будівельного проекту, що включає в себе визначення цілей, установлення стратегій та розробку плану реалізації, що дозволяє забезпечити систематичний та структурований підхід до управління проектом
Оцінка продуктивності	передбачається систематична оцінка продуктивності різних аспектів проекту, включаючи витрати, якість та час виконання робіт
Співпраця зі зацікавленими сторонами	активна співпраця з усіма зацікавленими сторонами проекту, включаючи замовників, проектних консультантів, підрядників та інші сторони, що дозволяє забезпечити
Гнучкість та адаптивність	гнучкість та здатність дуже швидко адаптуватися до змінних умов. Інтегроване управління дозволяє реагувати на зміни швидко та ефективно, забезпечуючи успішне виконання проекту навіть у непередбачуваних умовах.

Рисунок 3.1 - Ключові аспекти інтегрованого управління будівельними процесами

Інтегроване управління будівельними процесами відіграє ключову роль у забезпеченні успішності проектів будь-якої складності. Його впровадження забезпечує підвищення продуктивності, зниження ризику та стабільність виконання проектів в строк та в межах бюджету.

Крім того, інтегроване управління будівельними процесами сприяє розвитку інноваційних підходів та підвищує конкурентоспроможність компаній у будівельній галузі. Шляхом поєднання різноманітних інструментів та методів управління, воно створює основу для ефективного розвитку та впровадження нових технологій у будівництві.

Якщо взяти до уваги ринок будівельної сфери, який є досить висококонкурентним в інтегрованому управлінні та є головним фундатором досягнень та успіху для компаній, які хочуть залишатися лідерами у даній сфері діяльності необхідно дотримуватися основних критеріїв управління будівельними процесами.

В цілому, інтегроване управління будівельними процесами є складним та багатогранним підходом, що вимагає від учасників проекту високого рівня професіоналізму, співпраці та відповідальності.

Постановка задачі організаційно-технологічного процесу та побудова математичної моделі процесу:

Нехай існує процес (PP_1), де планується підприємством мінімізація (\min) вартість витрат (W) та оптимальне їх розподілення по об'єкту в 3 черги. Є вимоги: ресурси (V) та тривалість (T). Враховуючи військовий стан в країні, що є одним з ключових факторів зовнішнє середовище – фактори (H), які впливають на значення вимог по об'єкту. Існують ризики (R), компроміси (K) та пріоритетність (P) процесу, які необхідно знайти. Потрібно отримати надійність процесу з урахуванням ризику, компромісів та пріоритетності та чи буде виконаний даний процес під впливом факторів [24,48-50].

Користуючись ДСТУ Б А.3.1.-22:2016 знайдемо фактори (H), які у військовий час впливають на процес:

H_1 - за наявності стиснених умов складування матеріалів або неможливості їх складування на будівельному майданчику для нормального забезпечення матеріалами робочих місць;

H_2 – коефіцієнт, що враховує наявність на території будівельного майданчика інженерних мереж;

H_3 – виконання ремонтно-будівельних робіт за наявності на місті виконання шкідливих умов труда.

Використовуючи факторний аналіз для знаходження ризику скористаємось адитивною моделлю:

$$R = H_1 + H_2 + H_3 \quad (3.1.)$$

Тепер побудуємо математичну модель:

$$R\{W_{ij}, V_{ij}, T_{ij}, H_{ij}\}, \quad (3.2.)$$

де R – знайдений ризик, який впливає на процес; W_i – вартість процесу; V_i – ресурси; T_i – тривалість процесу; H_i – фактори; i – порядковий номер; j – номер черги об'єкту.

Запишемо у розгорнутому вигляді:

$$R \left\{ \begin{array}{l} V_{11} + V_{12} + V_{13} \\ T_{11} + T_{12} + T_{13} \\ H_{11} + H_{12} + H_{13} \end{array} \right\}, \quad (3.3.)$$

де цільова функція при заданій системі (3.3.) прийме вид:

$$F(x) = R x \sum_{i=1}^3 W_{ij}(x) \rightarrow \min, \quad (3.4.)$$

виходячи з формули (3.4.) маємо:

$$F(x) = Rx(W_{11} + W_{12} + W_{13}) \rightarrow \min. \quad (3.5.)$$

3.1.1. Визначення компромісів та їх математична інтерпретація

Для знаходження компромісу по процесу (ПР₁), яке має мінімальне (min) значення, скористаємося локальними критеріями, що утворюють вектор-функцію $F(x)$.

Математична інтерпретація: нехай ϵ область визначення X існує два розв'язки x', x'' , якість яких оцінюється у відповідності критеріями $F_1(x), F_2(x)$, де розв'язок x' переважає над розв'язком x'' за критерієм $F_1(x)$ але поступається йому за критерієм $F_2(x)$. Тому порівняймо ці розв'язки та виберемо найкращий на принципі справедливого компромісу.

Для порівняння цих компромісів скористаємося формулою:

$$x_1 = \frac{\Delta F_1(x', x'')}{\max F_1(x)}, \quad x_2 = \frac{\Delta F_2(x', x'')}{\max F_2(x)}, \quad (3.6.)$$

Підставляючи дані ПР₁ та з урахуванням ризику (R) та піднесення у степінь отримаємо нові коефіцієнти $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ та рівняння прийме вид:

$$F(x) = \beta_{11}x^2 + \beta_{12}x^2 + \beta_{13}x^2, \quad (3.7.)$$

Користуючись формулою (3.6.) знайдемо x', x'' для $F_1(x), F_2(x)$ за формулою:

$$x' = F(x)' = F_1(x) \quad (3.8.)$$

$$x'' = F(x)'' = F_2(x) \quad (3.9.)$$

$$x' = (\beta_{11}x^2 + \beta_{12}x^2 + \beta_{13}x^2)' = 2 \cdot \beta_{11}x + 2 \cdot \beta_{12}x + 2 \cdot \beta_{13}x, \quad (3.10.)$$

$$\begin{aligned} x'' &= (\beta_{11}x^2 + \beta_{12}x^2 + \beta_{13}x^2)'' = (2 \cdot \beta_{11}x + 2 \cdot \beta_{12}x + 2 \cdot \beta_{13}x)' \\ &= (2 \cdot \beta_{11} + 2 \cdot \beta_{12} + 2 \cdot \beta_{13}) = \text{const}, \end{aligned} \quad (3.11.)$$

де *const* – це константа, яка є незмінним числовим значенням.

З чого випливає, що відносне значення $F_1(x)$ більше, ніж критерій $F_2(x)$:

$$F_1(x) > F_2(x), \quad (3.12.)$$

то слід віддати перевагу розв'язку x' , що базується на порівнянні вартості поступки за кожним критерієм [35].

3.1.2. Визначення пріоритетності процесу використовуючи платформу Метода Сааті

Скористаємось методом пріоритетів, де існує таке l_i часткових критеріїв, що упорядковується відповідно до ступеню їх важливості, за оцінкою експета по прийняттю рішень. Необхідно мінімізувати найвищий пріоритет:

$$F_i(x) = \omega_i \quad (3.13.)$$

Змінні ω – це компоненти, які відхиляються, які визначають i -ту цільову функцію. Так як, в нас вже є альтернативи $F(x), F_1(x), F_2(x)$, необхідно обрати найкращу альтернативу за трьома критеріями l_1, l_2, l_3 користуючись матрицею порівнянь.

Для визначення m_{ij} ступеня важливості використаємо шкалу відносної важливості (табл. 3.1).

Дані у табл.3.1. повинні задовольняти умову узгодженості, а саме:

$$m_{ij} = \frac{1}{m_{ji}} \quad \forall i, j = 1, \dots, n, \quad (3.14.)$$

де m_{ij} – це елементи матриці.

Таблиця 3.1 - Шкала важливості ступеня порівнянь альтернатив

Властивість високої якості	Числове значення m_{ij}
Рівноцінна важливість	m_{11}
Незначна важливість	m_{13}
Істотна важливість	m_{21}
Явна важливість	m_{23}
Безумовна важливість	m_{32}
Середня важливість	$m_{12}, m_{22}, m_{31}, m_{33}$

Користуючись формулою (3.3) підставивши вимоги до процесу отримаємо систему:

$$R \begin{cases} V_{11} + V_{12} + V_{13} \\ T_{11} + T_{12} + T_{13} \\ H_{11} + H_{12} + H_{13} \end{cases} \quad (3.15)$$

Перемножуючи на ризик, отримаємо систему:

$$\begin{cases} V_{11}R + V_{12}R + V_{13}R \\ T_{11}R + T_{12}R + T_{13}R \\ H_{11}R + H_{12}R + H_{13}R \end{cases} \quad (3.16.)$$

Матрицю відповідних значень можна представити у вигляді:

$$A = \begin{pmatrix} V_{11}R + V_{12}R + V_{13}R \\ T_{11}R + T_{12}R + T_{13}R \\ H_{11}R + H_{12}R + H_{13}R \end{pmatrix} \quad \bar{x} = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^3 V_{ij} \\ \sum_{i=1}^3 T_{ij} \\ \sum_{i=1}^3 H_{ij} \end{pmatrix}. \quad (3.17)$$

Тоді, за правилами множення матриці маємо:

$$\bar{y} = A\bar{x}, \quad (3.18)$$

підставимо (3.17.) в (3.18) та отримаємо:

$$\bar{y} = \begin{pmatrix} V_{11}R + V_{12}R + V_{13}R \\ T_{11}R + T_{12}R + T_{13}R \\ H_{11}R + H_{12}R + H_{13}R \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^3 V_{ij} \\ \sum_{i=1}^3 T_{ij} \\ \sum_{i=1}^3 H_{ij} \end{pmatrix}, \quad (3.19)$$

Компоненти матриці \bar{y} обраховуються наступним чином:

$$\bar{y}_{11} = V_{11}R \cdot \sum_{i=1}^3 V_{ij} + V_{12}R \cdot \sum_{i=1}^3 T_{ij} + V_{13}R \cdot \sum_{i=1}^3 H_{ij} = \text{const}; \quad (3.20)$$

$$\bar{y}_{21} = T_{11}R \cdot \sum_{i=1}^3 V_{ij} + T_{12}R \cdot \sum_{i=1}^3 T_{ij} + T_{13}R \cdot \sum_{i=1}^3 H_{ij} = \text{const}; \quad (3.21)$$

$$\bar{y}_{31} = H_{11}R \cdot \sum_{i=1}^3 V_{ij} + H_{12}R \cdot \sum_{i=1}^3 T_{ij} + H_{13}R \cdot \sum_{i=1}^3 H_{ij} = \text{const}; \quad (3.22)$$

Використовуючи таблицю 3.1. та задані критерії, отримаємо парні порівняння критеріїв (табл.3.1.)

Таблиця 3.2 - Парні порівняння критеріїв l_1, l_2, l_3

критерії	l_1	l_2	l_3
l_1	γ_{11}	γ_{21}	γ_{31}
l_2	$\frac{\gamma_{11}}{2}$	$\frac{\gamma_{21}}{2}$	$\frac{\gamma_{31}}{6}$
l_3	$\frac{\gamma_{11}}{3}$	γ_{21}	$\frac{\gamma_{31}}{\gamma_{31}}$

Згідно з критеріями l_1 – який у двічі більш важливіший за критерій l_2 та у тричі більш важливіший за критерій l_3 .

У такий самий спосіб задаються парні порівняння якостей альтернатив за кожним критерієм. Представимо їх у табл.3.3.-3.5.

Таблиця 3.3 - Парні порівняння якості альтернатив за критерієм l_1

Альтернативи	$F(x)$	$F_1(x)$	$F_2(x)$
$F(x)$	γ_{11}	$\gamma_{21} \cdot 2$	γ_{31}
$F_1(x)$	$(\frac{\gamma_{21}}{2})/2$	$\frac{\gamma_{21}}{2}$	$\frac{\gamma_{31}}{6} \cdot 4$
$F_2(x)$	$\frac{\gamma_{11}}{3}$	$(\frac{\gamma_{21}}{2})/2$	$\frac{\gamma_{31}}{\gamma_{31}}$

Таблиця 3.4 - Парні порівняння якості альтернатив за критерієм l_2

Альтернативи	$F(x)$	$F_1(x)$	$F_2(x)$
$F(x)$	γ_{11}	$(\frac{\gamma_{21}}{2})/4$	$\gamma_{31} \cdot 2$
$F_1(x)$	$\gamma_{11} \cdot 4$	$\frac{\gamma_{21}}{2}$	$(\frac{\gamma_{31}}{\gamma_{31}})/2$
$F_2(x)$	$(\frac{\gamma_{11}}{3})/2$	γ_{12}	$\frac{\gamma_{31}}{\gamma_{31}}$

Таблиця 3.5 - Парні порівняння якості альтернатив за критерієм l_3

Альтернативи	$F(x)$	$F_1(x)$	$F_2(x)$
$F(x)$	γ_{11}	$\frac{\gamma_{21}}{2} \cdot 3$	$(\frac{\gamma_{31}}{\gamma_{31}})/5$
$F_1(x)$	$\frac{\gamma_{11}}{3}$	$\frac{\gamma_{21}}{2}$	$(\frac{\gamma_{31}}{\gamma_{31}})/3$
$F_2(x)$	$\gamma_{11} \cdot 5$	$\frac{\gamma_{21}}{2} \cdot 3$	$\frac{\gamma_{31}}{\gamma_{31}}$

Посилаючись на практику наближенні рішення компонента вектору пріоритетів $\bar{\omega}(\omega_1, \dots, \omega_n)$ знаходять за формулою як нормоване геометричне середнє елементів заданої матриці (3.17).

Тобто, для визначення компонента вектору використовують співвідношення:

$$\varphi_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n m_{ij}}, \omega_i = \frac{\varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i}, i = 1, \dots, n \quad (3.23)$$

Використовуючи формулу (3.23.) розрахуємо наближені значення власного вектору,

$$\mu = (\omega_1, \omega_2, \omega_3); \quad (3.24.)$$

$$\varphi_1 = \sqrt[3]{(m_{11} \cdot m_{12} \cdot m_{13})}, \quad \omega_1 = \frac{\varphi_1}{(\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3)}; \quad (3.25.)$$

$$\varphi_2 = \sqrt[3]{(m_{21} \cdot m_{22} \cdot m_{23})}, \quad \omega_2 = \frac{\varphi_2}{(\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3)}; \quad (3.26)$$

$$\varphi_3 = \sqrt[3]{(m_{31} \cdot m_{32} \cdot m_{33})}, \quad \omega_3 = \frac{\varphi_3}{(\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3)}; \quad (3.27.)$$

та компоненти векторів, які визначаються пріоритетами альтернатив за кожним критерієм:

$$v_1 = (l_{11}, l_{12}, l_{13});$$

$$v_2 = (l_{21}, l_{22}, l_{23}); \quad (3.28.)$$

$$v_3 = (l_{31}, l_{32}, l_{33})$$

$$\varphi_{11} = \sqrt[3]{(m_{11} \cdot m_{12} \cdot m_{13})}, \quad l_{11} = \frac{\varphi_{11}}{(\varphi_{11} + \varphi_{12} + \varphi_{13})}; \quad (3.29.)$$

$$\varphi_{12} = \sqrt[3]{(m_{11} \cdot m_{12} \cdot m_{13})}, \quad l_{12} = \frac{\varphi_{12}}{(\varphi_{11} + \varphi_{12} + \varphi_{13})}; \quad (3.30.)$$

$$\varphi_{13} = \sqrt[3]{(m_{11} \cdot m_{12} \cdot m_{13})}, \quad l_{13} = \frac{\varphi_{13}}{(\varphi_{11} + \varphi_{12} + \varphi_{13})}; \quad (3.31.)$$

$$\varphi_{21} = \sqrt[3]{(m_{21} \cdot m_{22} \cdot m_{23})}, \quad l_{21} = \frac{\varphi_{21}}{(\varphi_{21} + \varphi_{22} + \varphi_{23})}; \quad (3.32.)$$

$$\varphi_{22} = \sqrt[3]{(m_{21} \cdot m_{22} \cdot m_{23})}, \quad l_{22} = \frac{\varphi_{22}}{(\varphi_{21} + \varphi_{22} + \varphi_{23})}; \quad (3.33.)$$

$$\varphi_{23} = \sqrt[3]{(m_{21} \cdot m_{22} \cdot m_{23})}, \quad l_{23} = \frac{\varphi_{23}}{(\varphi_{21} + \varphi_{22} + \varphi_{23})}; \quad (3.34.)$$

$$\varphi_{31} = \sqrt[3]{(m_{31} \cdot m_{32} \cdot m_{33})}, \quad l_{31} = \frac{\varphi_{31}}{(\varphi_{31} + \varphi_{32} + \varphi_{33})}; \quad (3.35.)$$

$$\varphi_{32} = \sqrt[3]{(m_{31} \cdot m_{32} \cdot m_{33})}, \quad l_{32} = \frac{\varphi_{32}}{(\varphi_{31} + \varphi_{32} + \varphi_{33})}; \quad (3.36.)$$

$$\varphi_{33} = \sqrt[3]{(m_{31} \cdot m_{32} \cdot m_{33})}, \quad l_{33} = \frac{\varphi_{33}}{(\varphi_{31} + \varphi_{32} + \varphi_{33})}; \quad (3.37.)$$

Виходячи з цього, ранжування здійснюється на підставі розрахунків глобальних пріоритетів, що показано у табл.3.6.

Таблиця 3.6 - Порядок обчислення глобальних пріоритетів альтернатив

Альтернативи	Критерії			Глобальні пріоритети (P)
	l_1	l_2	l_3	
	μ_1	μ_2	μ_3	
$F(x)$	l_{11}	l_{21}	l_{31}	$\mu_1 l_{11} + \mu_2 l_{21} + \mu_3 l_{31}$
$F_1(x)$	l_{12}	l_{22}	l_{32}	$\mu_1 l_{12} + \mu_2 l_{22} + \mu_3 l_{32}$
$F_2(x)$	l_{13}	l_{23}	l_{33}	$\mu_1 l_{13} + \mu_2 l_{23} + \mu_3 l_{33}$

На підставі розрахунку, маємо (табл.3.7.):

Таблиця 3.7 - Результати ранжування для визначення пріоритетів

Альтернативи	Критерії			Глобальні пріоритети
	l_1	l_2	l_3	
	μ_1	μ_2	μ_3	
$F(x)$	l_{11}	l_{21}	l_{31}	P_1
$F_1(x)$	l_{12}	l_{22}	l_{32}	P_2
$F_2(x)$	l_{13}	l_{23}	l_{33}	P_3

Підсумовуючи вищевикладене, було застосовано метод Сааті для визначення пріоритетності з врахуванням важливості даних критеріїв. Для оцінки бачимо, що альтернатива $F(x)$ – є найкращою, тому вона має найбільший глобальний пріоритет P_1 .

3.2 Розробка алгоритму інтегрованого управління надійності організації будівельних процесів

Розглядаючи сам термін «надійність організації будівельних процесів» можна сказати, що це означає, що всі етапи будівництва від планування до виконання мають бути належним чином організовані та керовані для досягнення поставлених цілей без значних збоїв або порушень.

Надійність організації будівельних процесів – це здатність передбачення системою управління виявити ризики та забезпечити вирішення їх проблем та впливу, завдяки чому можна задовільнити ефективно організаційно-технологічне управління процесами під час будівництва проєктів.

Для інтегрованого управління і забезпечення надійності будівельного процесу основною складовою є розробка алгоритму, що передбачає відтворення системи до якої входить планування, якість, аналіз ризиків і факторів впливу в одну дійсну зв'язкову модель.

Щоб організувати систематичний підхід до управління процесами та забезпечити його надійність, необхідно включити до алгоритму потреби та вимоги будівельного проєкту.

Існує модель системи інтегрованого управління, як «надійність», яка обов'язкова повинна бути включена до розробки алгоритму. Надійність процесу дозволить врахувати технічні характеристики та вимоги, технології будівельного процесу, ресурси та фінансові асигнування.

Таким чином, основним етапом для забезпечення надійності та ефективності інтегрованого управління процесами є розробка алгоритму на

основі математичної моделі. Використовуючи систему управління, то вона повинна відповідати вимогам та якості стандартів, які реалізуються в граничних умовах організаційно-технологічної структури та включають в себе мережі інтегрованих процесів.

На рисунку 3.1. зобразимо загальну модель системи інтегрованого управління надійності організаційно-технологічних процесів.

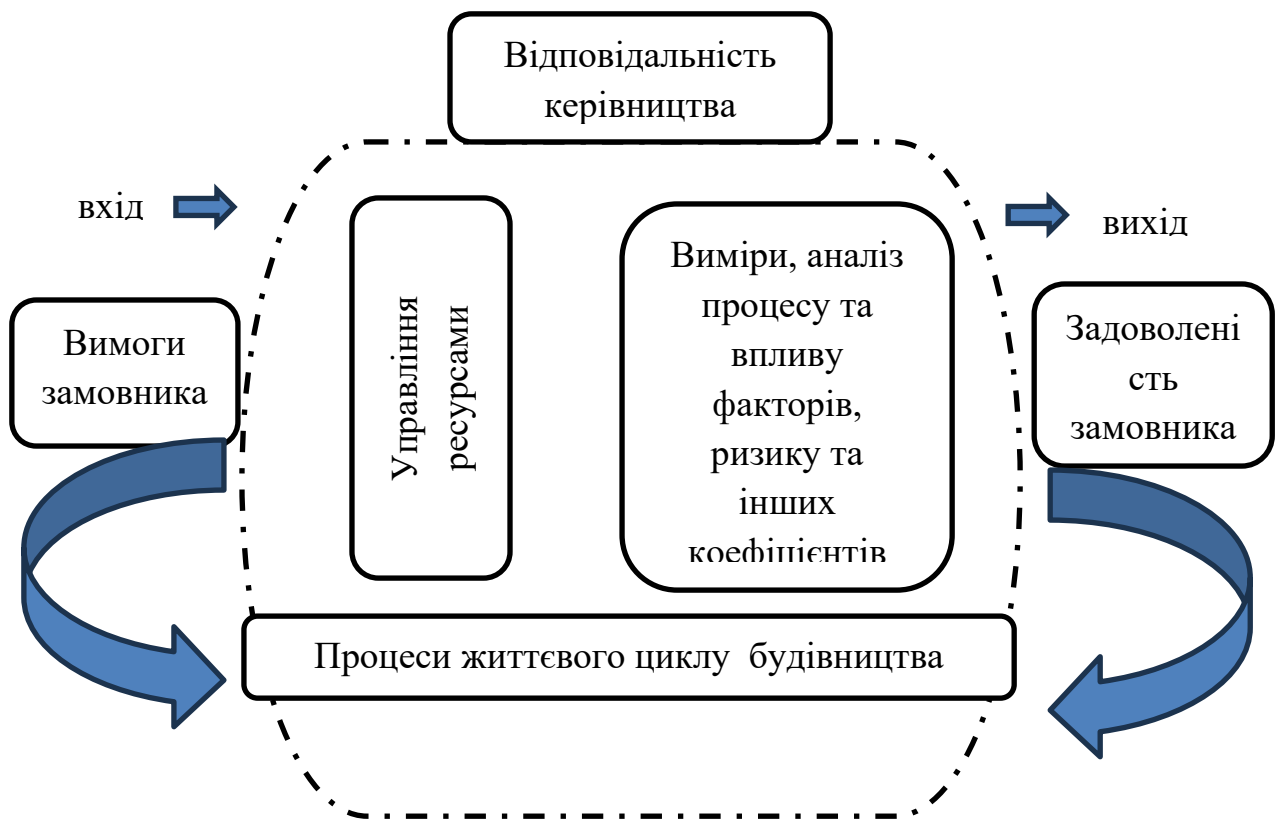


Рисунок 3.2 – Модель системи інтегрованого управління надійності організаційно-технологічних процесів

На наступному етапі побудуємо структуровану схему нашого інтегрованого управління процесу (рис. 3.3.).

У розробленій структурованій схемі процесу є представлений алгоритм дій кожного етапу процесу.

Інтегроване управління дозволяє об'єднувати процеси в загальну систему створення будівельних проєктів, що в свою чергу забезпечує досягнення ефекту надійності процесу.

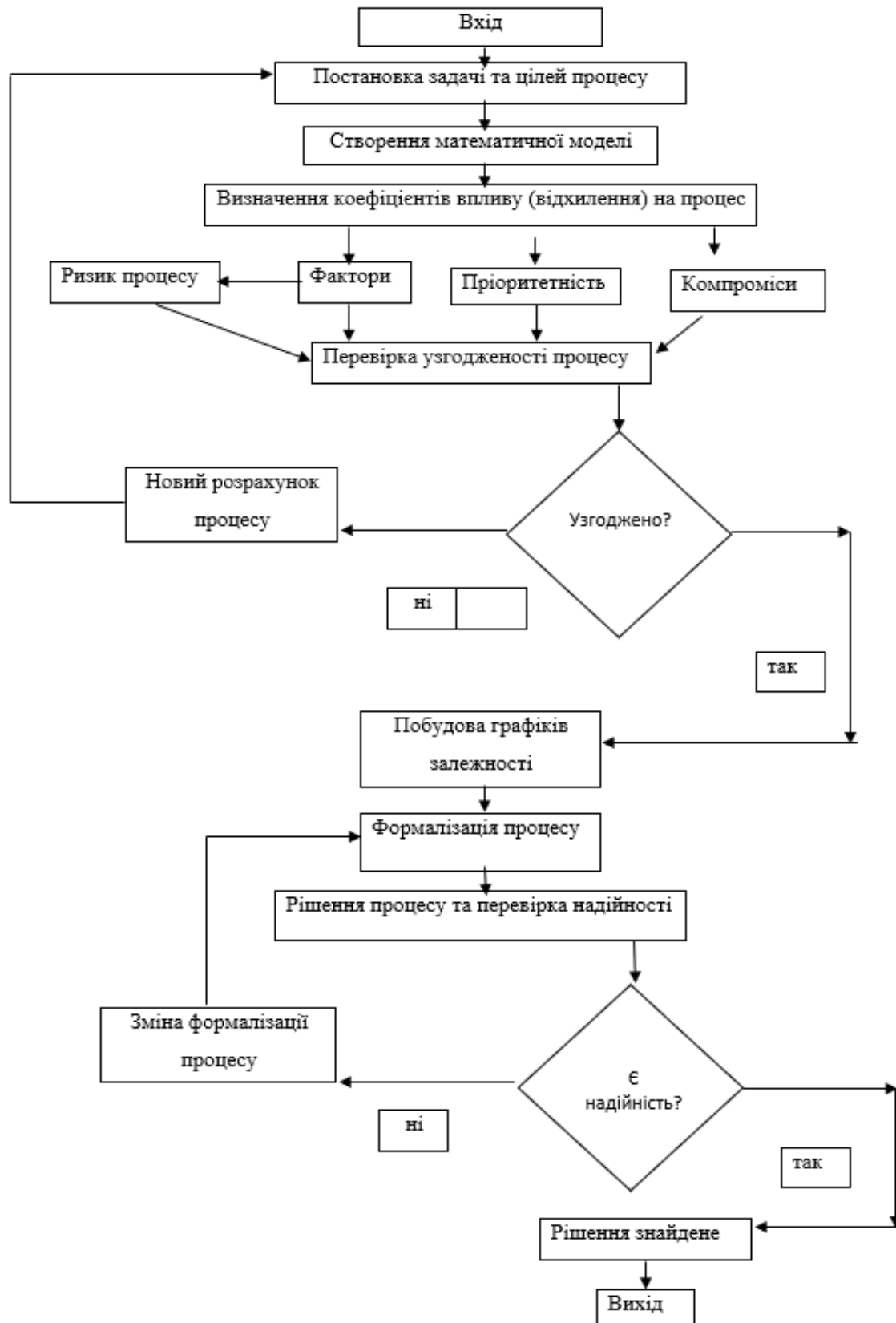


Рисунок 3.3 – Структурована схема процесу

Побудуємо сітьовий граф нашої задачі, для розв'язку процесу необхідно провести наступні роботи (рис. 3.4.):

А – сформулювати проблему дослідження;

Б – зібрати інформацію щодо процесу;

В – побудувати математичну модель;

Г – знайти фактори та ризик;

Д – знаходження компромісів;

Е – визначення пріоритетності процесу;

Ж – перевірка узгодженості процесу;

З – побудова структурованої схеми;

И – побудова графіків залежності;

І – побудова 3D графіку;

К – визначення методу рішення процесу;

Л – вихід розрахункових даних.

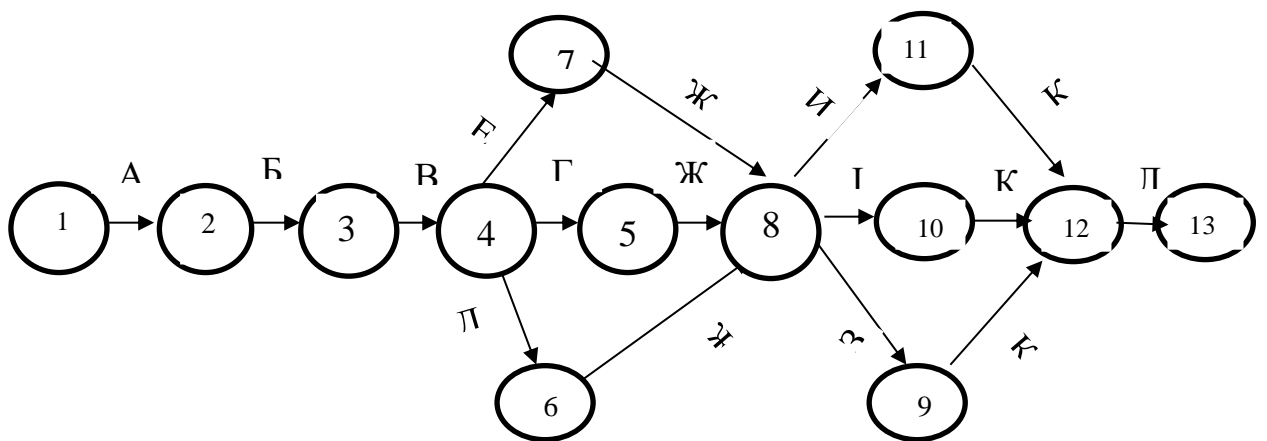


Рисунок 3.4 – Сітьовий графік процесу

3.2.1. Метод експертних оцінок

Тепер перейдемо до експертних оцінок для визначення відхилення процесу (PP_1) під факторами впливу (Н):

H_1 - за наявності стиснених умов складування матеріалів або неможливості їх складування на будівельному майданчику для нормального забезпечення матеріалами робочих місць;

H_2 – коефіцієнт, що враховує наявність на території будівельного майданчика інженерних мереж;

H_3 – виконання ремонтно-будівельних робіт за наявності на місці виконання шкідливих умов труда.

Аналізували процес та проводили його 5 експертів, методом ранжування. Дані експертного опитування наведено в табл. 3.8.

Необхідно перевірити узгодженість ранжованих рядів, використовуючи коефіцієнт конкордації.

Для отримання оцінки (e_{ij}) від експерту (m_j) приймаються значення ві 1 до 8. Де 1 – це погано, 8 – відмінно, i – порядковий номер фактору, j – порядковий номер експерта.

Для знаходження суми рангів, скористаємось формулою:

$$\sum_{j=1}^5 e_{1j} = (e_{11} + e_{12} + e_{13} + e_{14} + e_{15}).$$

$$\sum_{j=1}^5 e_{2j} = (e_{21} + e_{22} + e_{23} + e_{24} + e_{25}). \quad (3.38.)$$

$$\sum_{j=1}^5 e_{3j} = (e_{31} + e_{32} + e_{33} + e_{34} + e_{35}).$$

Таблиця 3.8 - Узгодження ранжованих рядів

Фактори впливу	Значення експертів ПР ₁					Сума рангів ПР ₁	Відхилення ПР ₁	Квадрат відхилення ПР ₁
	1	2	3	4	5			
H_1	e_{11}	e_{12}	e_{13}	e_{14}	e_{15}	$\sum_{j=1}^5 e_{1j}$	τ_1	ρ_1
H_2	e_{21}	e_{22}	e_{23}	e_{24}	e_{25}	$\sum_{j=1}^5 e_{2j}$	τ_2	ρ_2
H_3	e_{31}	e_{32}	e_{33}	e_{34}	e_{35}	$\sum_{j=1}^5 e_{3j}$	τ_3	ρ_3
\sum значе	$\sum_{i=1}^3 e_{i1}$	$\sum_{i=1}^3 e_{i2}$	$\sum_{i=1}^3 e_{i3}$	$\sum_{i=1}^3 e_{i4}$	$\sum_{i=1}^3 e_{i5}$	σ	$\sum_{i=1}^3 \tau_i$	$\sum_{i=1}^3 \rho_i$

Значення загальні щодо кожного експерта особисто обчислюються за формулою:

$$\sum_{i=1}^3 e_{i1} = (e_{11} + e_{21} + e_{31});$$

$$\sum_{i=1}^3 e_{i2} = (e_{12} + e_{22} + e_{32});$$

$$\sum_{i=1}^3 e_{i3} = (e_{13} + e_{23} + e_{33}); \quad (3.40.)$$

$$\sum_{i=1}^3 e_{i4} = (e_{14} + e_{24} + e_{34});$$

$$\sum_{i=1}^3 e_{i5} = (e_{15} + e_{25} + e_{35}).$$

Середнє значення розраховується за формулою:

$$\sigma = \left(\frac{\sum_{j=1}^5 e_{1j} + \sum_{j=1}^5 e_{2j} + \sum_{j=1}^5 e_{3j}}{3} \right), \quad (3.41.)$$

Відхилення PP_1 щодо H_1 :

$$\tau_1 = \sum_{j=1}^5 e_{1j} - \sigma = \sum_{j=1}^5 e_{1j} - \left(\frac{\sum_{j=1}^5 e_{1j} + \sum_{j=1}^5 e_{2j} + \sum_{j=1}^5 e_{3j}}{3} \right), \quad (3.42.)$$

Відхилення PP_1 щодо H_2 :

$$\tau_2 = \sum_{j=1}^5 e_{2j} - \sigma = \sum_{j=1}^5 e_{2j} - \left(\frac{\sum_{j=1}^5 e_{1j} + \sum_{j=1}^5 e_{2j} + \sum_{j=1}^5 e_{3j}}{3} \right), \quad (3.43.)$$

Відхилення PP_1 щодо H_3 :

$$\tau_3 = \sum_{j=1}^5 e_{3j} - \sigma = \sum_{j=1}^5 e_{3j} - \left(\frac{\sum_{j=1}^5 e_{1j} + \sum_{j=1}^5 e_{2j} + \sum_{j=1}^5 e_{3j}}{3} \right), \quad (3.44.)$$

середнє значення відхилення запишемо у вигляді:

$$\sum_{i=1}^3 \tau_i = (\tau_1 + \tau_2 + \tau_3), \quad (3.45.)$$

квадратичне відхилення PP_1 щодо H_1 :

$$\rho_1 = \tau_1^2; \quad (3.46.)$$

квадратичне відхилення PP_1 щодо H_2 :

$$\rho_2 = \tau_2^2; \quad (3.47.)$$

квадратичне відхилення PP_1 щодо H_3 :

$$\rho_3 = \tau_3^2. \quad (3.48.)$$

Середнє квадратичне значення розраховується за формулою:

$$\sum_{i=1}^3 \rho_i = (\rho_1 + \rho_2 + \rho_3),$$

$$m_j^2(n_i^3 - n) = \vartheta \quad (3.49.)$$

За наступним виразом обчислюється коефіцієнт конкордації:

$$Q = \frac{12 * \sum_{i=1}^3 \rho_i}{\vartheta}, \quad (3.50.)$$

$$Q = \frac{12 * (\rho_1 + \rho_2 + \rho_3)}{\vartheta} \approx const. \quad (3.51.)$$

Значення коефіцієнта конкордації під впливом факторів $Q \approx const$, якщо є близьким від 0 до 1, то вказує на узгодженість експертних оцінок відносно даного процесу, якщо $Q \approx const$, є більшим за 1, то вказує на розбіжність експертних оцінок відносно даного процесу.

Отже, дане рішення та значення щодо вимог є надійним, якщо $const = \overline{(0; 1)}$ і співпадає з методом експертних оцінок.

3.2.2. Графіки залежності та їх зображення у тривимірному просторі

Для зображення графіків залежності візьмемо із системи (3.16.) такі дані, як: тривалість, вартість, ресурси та фактори. Будемо мати у сукупності три графіки. Графічну інтерпретацію будемо виконувати за допомогою математичної програми Maple.

1) Візьмемо координати вартості процесу та факторів, отримаємо:

$$W(y) = ax, \quad H(y) = bx; \quad (3.52.)$$

побудуємо їх у Maple, за допомогою функції `plot` та отримаємо графік залежності:

```
plot([ax, bx], x = -100 ... 100, style = [LINE, POINT]);
```

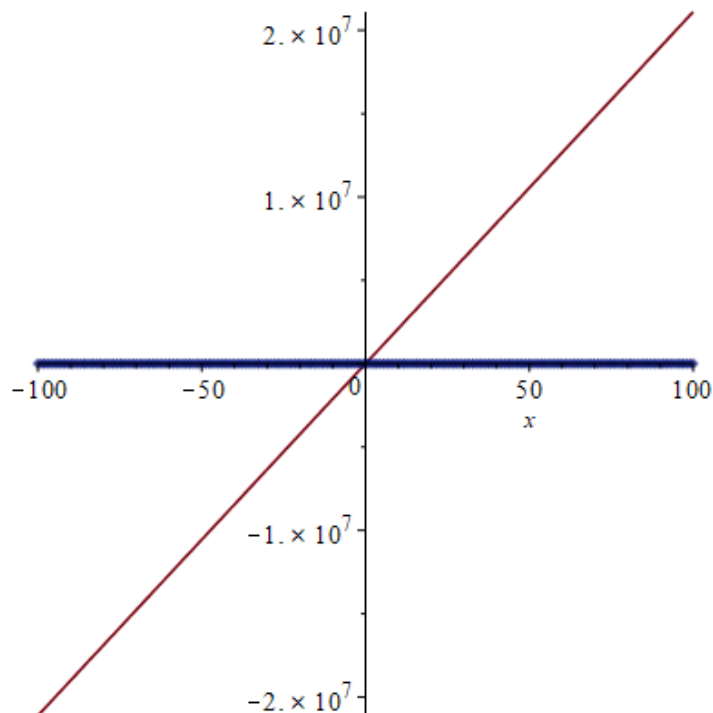


Рисунок 3.5 – Графік залежності вартості та впливу факторів

2) Візьмемо координати ресурсів процесу та вартості, отримаємо:

$$V(y) = cx, \quad T(y) = dx; \quad (3.53.)$$

побудуємо їх у Maple, за допомогою функції `plot` та отримаємо графік залежності:

```
plot([cx, dx], x = -1000000 ... 1000000, style = [LINE, POINT])
```

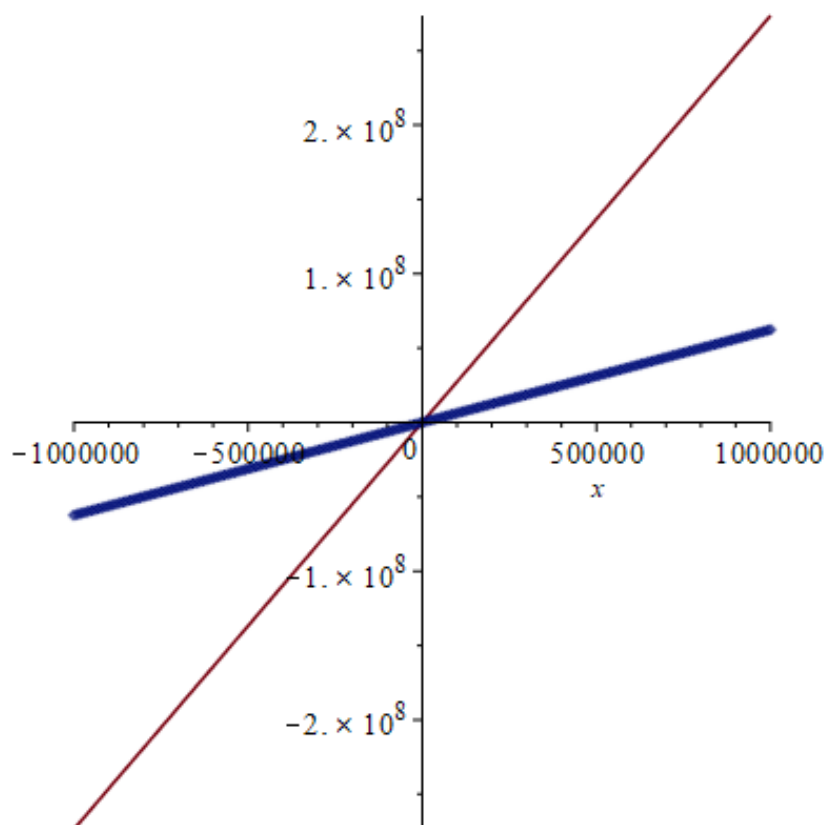


Рисунок 3.6 – Графік залежності ресурсів та тривалості

3) Візьмемо координати тривалості процесу та факторів, отримаємо:

$$T(y) = dx, \quad H(y) = bx; \quad (3.54.)$$

побудуємо їх у Maple, за допомогою функції `plot` та отримаємо графік залежності:

```
plot([dx, bx], x = -10 ... 10, style = [LINE, POINT])
```

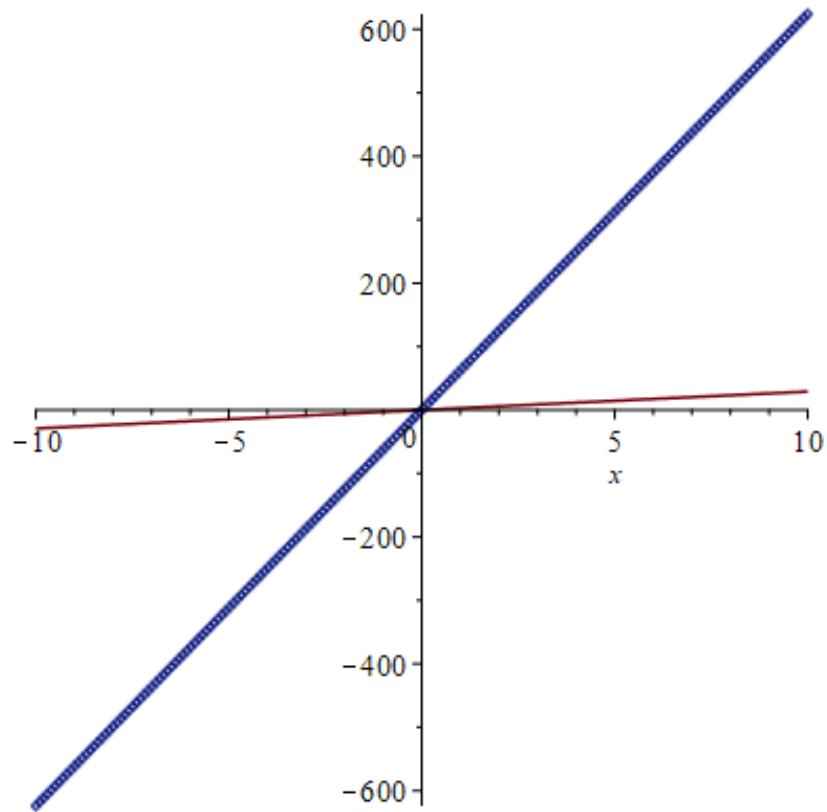


Рисунок 3.7 – Графік залежності тривалості та впливу факторів

Тепер перейдемо до зображення у тривимірному просторі, візьмемо числові значення з формули (3.52.).

Де фактори впливають на вартість процесу. За допомогою математичного комплексного продукту Maple, отримаємо 3D графік (рис.3.7.):

$$\text{plot3d}(ax + by, x = -100 \dots 100, y = -100 \dots 100);$$

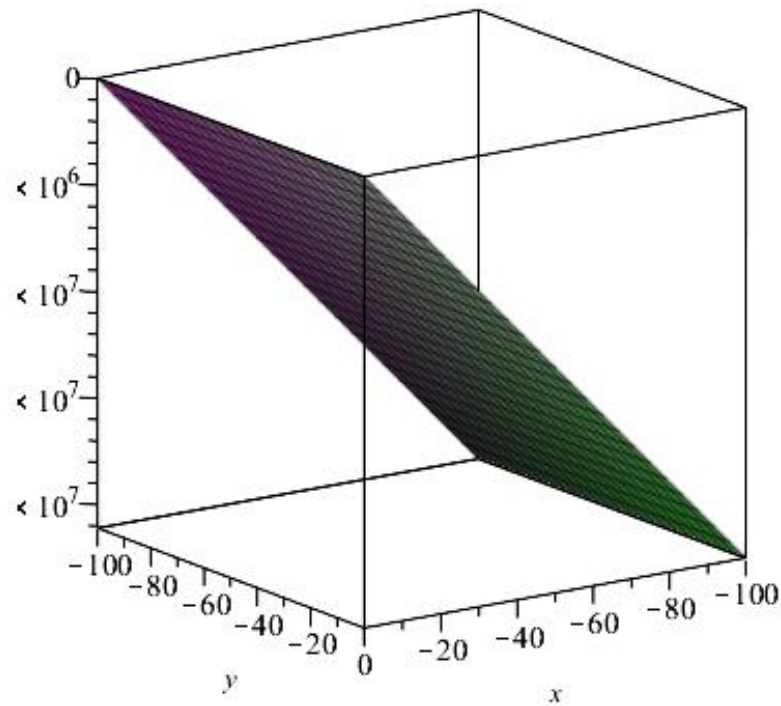


Рисунок 3.8 – 3D зображення впливу факторів на вартість процесу

3.3. Формалізація процесу математичного розв'язання задачі функціонування системи інтегрованого управління будівельних процесів з урахуванням впливу ризиків будівельної галузі із використання програмного продукту C++

Представимо цільову функцію задачі формули (3.6.) та вже відомою системою (3.16.):

$$F(x) = Rx \sum_{i=1}^3 W_{ij}(x) \rightarrow \min, \quad (3.55.)$$

$$\begin{cases} \overline{V}_{11}R + V_{12}R + V_{13}R \\ \overline{T}_{11}R + T_{12}R + T_{13}R \\ \overline{H}_{11}R + H_{12}R + H_{13}R \end{cases} \quad (3.56.)$$

Використовуючи лінійне програмування вирішимо задачу симплекс методом за допомогою C++.

На першому етапі задаємо розмірність, присвоюємо значення наших вхідних даних та цільової функції, утворюємо систему для рішення (див. рис. 3.9).

```

1  #include <iostream> // Бібліотека для вводу/виводу
2  #include <locale> // Бібліотека для встановлення локалі
3  void extmat(); // Функція для розширення початкової матриці
4  void simpl(); // Функція для виконання симплекс-методу
5  using std::cout;
6  using std::cin;
7  using std::endl;
8  int n, m; // Розмірність задачі
9  double a[20][20], b[20], c[20]; // Матриці та вектори задачі
10 int main() {
11  setlocale(LC_CTYPE, "ukr"); // Встановлення локалі для коректного відображення українських символів
12  int i, j;
13  n = 3; // Ініціалізація даних задачі
14  m = 3;
15  a[1][1] = 102.6;
16  a[1][2] = 85.5;
17  a[1][3] = 85.5;
18  a[2][1] = 22.23;
19  a[2][2] = 20.52;
20  a[2][3] = 19.66;
21  a[3][1] = 0.10;
22  a[3][2] = 0.25;
23  a[3][3] = 2.56;
24  b[1] = 160;
25  b[2] = 36.5;
26  b[3] = 2.91;
27  c[1] = 151225.6;
28  c[2] = 59668.09;
29  c[3] = 162.05;
30  cout << "Minimize: f="; // Виведення цільової функції
31  for (j = 1; j < n + 1; j++) {
32  if (j < n) cout << c[j] << "x" << j << "+";
33  else cout << c[j] << "x" << j;
34  }
35  cout << " - цільова функція\n";
36  cout << endl;
37  cout << " СИСТЕМА";
38  cout << endl;
39  for (i = 1; i < m + 1; i++) { // Виведення системи обмежень
40  for (j = 1; j < n + 3; j++) {
41  if (j < n) cout << a[i][j] << "x" << j << "+";
42  else {
43  if (j == n) cout << a[i][j] << "x" << j;
44  if (j == n + 1) cout << "<=";
45  if (j == n + 2) cout << b[i];
46  }
47  }
48  cout << endl;
49  }
50  extmat(); // Виклик функції для розширення початкової матриці
51  simpl(); // Виклик функції для виконання симплекс-методу
52  char res;
53  cin >> res;

```

Рисунок 3.9 – Зображення частини коду в C++ з коментарями по першому етапу

На другому етапі розширяємо нашу матрицю та вирішуємо симплекс методом і вирішуємо поки не отримаємо наше значення (рис. 3.10-3.11).

```

53 | cin >> res;
54 |
55 | void extmat() {
56 |     int i, j;
57 |     for (i = 1; i < m + 1; i++) { // Додавання z до матриці
58 |         for (j = n + 1; j < n + m + 1; j++) {
59 |             if (i + n == j) a[i][j] = 1;
60 |             else a[i][j] = 0;
61 |         }
62 |     }
63 |     for (i = 1; i < m + 1; i++) { // Додавання b до матриці
64 |         a[i][n + m + 1] = b[i];
65 |     }
66 |     for (j = 1; j < n + m + 2; j++) { // Додавання c до матриці
67 |         if (j < n + 1) a[m + 1][j] = c[j];
68 |         else a[m + 1][j] = 0;
69 |     }
70 |     for (i = 1; i < m + 2; i++) {
71 |         for (j = 1; j < n + m + 2; j++) {
72 |             cout << a[i][j] << " \t";
73 |         }
74 |         cout << endl;
75 |     }
76 |     void simpl() {
77 |         int i, j, k, l;
78 |         double pivot, div;
79 |         double d[20];
80 |         bool UnB = false;
81 |         for (;;) {
82 |             pivot = 0;
83 |             for (j = 1; j < n + m + 1; j++) {
84 |                 if (a[m + 1][j] > 0) {
85 |                     if (pivot < a[m + 1][j]) {
86 |                         pivot = a[m + 1][j]; l = j;
87 |                     }
88 |                     if (pivot == 0) break;
89 |                     pivot = 1e+300;
90 |                     for (i = 1; i < m + 1; i++) {
91 |                         if (a[i][l] > 0) {
92 |                             div = a[i][n + m + 1] / a[i][l];
93 |                             if (pivot > div) {
94 |                                 pivot = div; k = i;
95 |                             }
96 |                         }
97 |                     }
98 |                     if (pivot == 1e+300) {
99 |                         UnB = true; break;
100 |                     }
101 |                     cout << endl;
102 |                     cout << "k=" << k << ", l=" << l << ", ";
103 |                     cout << endl;
104 |                     div = 1 / (a[k][l]);
105 |                     for (j = 1; j < n + m + 2; j++) {
106 |                         a[k][j] = a[k][j] * div;
107 |                     }
108 |                     for (i = 1; i < m + 2; i++) {
109 |                         d[i] = a[i][l];
110 |                     }
111 |                     for (i = 1; i < m + 2; i++) {
112 |                         if (i != k) {
113 |                             for (j = 1; j < n + m + 2; j++) {
114 |                                 a[i][j] = a[i][j] - d[i] * a[k][j];
115 |                             }
116 |                         }
117 |                     }
118 |                     cout << endl;
119 |                     for (i = 1; i < m + 2; i++) {
120 |                         for (j = 1; j < n + m + 2; j++) {
121 |                             cout << a[i][j] << " \t";

```

Рисунок 3.10 - Зображення частини коду в С++ з коментарями по другому етапу

```

117 }
118 cout << endl;
119 if (UnB == true) cout << "The problem is unbounded";
120 else {
121     cout << "ОТРИМАЄМО ЗНАЧЕННЯ ПО X: ";
122     for (j = 1; j < n + 1; j++) {
123         for (i = 1; i < m + 1; i++) {
124             if (a[i][j] == 1) d[j] = a[i][n + m + 1];
125         }
126         cout << "x" << j << "=" << d[j] << ", ";
127     }
128     cout << "MIN ФУНКЦІЇ: ";
129     cout << "f=" << -a[m + 1][n + m + 1] << "знайдене MIN значення";
130 }

```

Рисунок 3.11. - Зображення частини коду в C++ з коментарями та вихідні значення рішення

Скомпілюючи код програми (рис. 3.9 – 3.11) отримаємо рішення:

```

Minimize: f=151226x1+59668.1x2+162.05x3 - ц?льова функция
СИСТЕМА
102.6x1+85.5x2+85.5x3<=160
22.23x1+20.52x2+19.66x3<=36.5
0.1x1+0.25x2+2.56x3<=2.91
102.6 85.5 85.5 1 0 0 160
22.23 20.52 19.66 0 1 0 36.5
0.1 0.25 2.56 0 0 1 2.91
151226 59668.1 162.05 0 0 0 0
k=1, l=1,
1 0.833333 0.833333 0.00974659 0 0 1.55945
0 1.995 1.135 -0.216667 1 0 1.83333
0 0.166667 2.47667 -0.000974659 0 1 2.75405
0 -66353.2 -125859 -1473.93 0 0 -235829
ОТРИМАЄМО ЗНАЧЕННЯ ПО X: x1=55.945, x2=22.23, x3=0.1, MIN ФУНКЦІЇ: f=-235829-знайдене MIN значення

```

З чого випливає, що даний процес має рішення та гарантує надійність навіть під впливом зовнішніх факторів, пріоритетності, компромісу та ризику.

Постановка задачі організаційно-технологічного процесу та побудова математичної моделі процесу:

Існує процес (PP₁), де підприємство планує мінімізувати (min) вартість витрат (W) та оптимально їх розподілити по 1 об'єкту в 3 черги. Є вимоги: ресурси (V) та тривалість (T). Враховуючи військовий стан в країні є зовнішнє середовище – фактори (H), які впливають на значення вимог по об'єкту. Існують ризики (R), компроміси (K) та пріоритетність (P) процесу, які необхідно знайти. Потрібно отримати надійність процесу з урахуванням ризику, компромісів та пріоритетності та чи буде виконаний даний процес під впливом факторів

Для побудови загальної математичної системи необхідно врахувати вплив факторів у військовий час: $H_1 = 0,06; H_2 = 0,15; H_3 = 1,5$. Використовуючи факторний аналіз отримаємо: $R = 0,06 + 0,15 + 1,5 = 1,71$

Загальний вид математичної моделі через систему:

$$\begin{cases} 102,6x_1 + 85,5x_2 + 85,5x_3 \geq 160 \\ 22,23x_1 + 20,52x_2 + 19,66x_3 \geq 36,5 \\ 0,10x_1 + 0,25x_2 + 2,56x_3 \geq 2,91 \end{cases}$$

 цільова функція має вид: $F(x) = (151225,6x_1 + 59668,09x_2 + 162,05x_3) \rightarrow \min$.

Задача складається з 3 етапів рішення:

I. Визначення критеріїв компромісу та пріоритетності:

1.1 Для визначення компромісів, для їх порівняння підставляючи дані проєкту та з урахуванням ризику, піднесення у степінь отримаємо цільову функцію:
 $F(x) = 151225,6x^2 + 59668,09x^2 + 162,05x^2$,
 Значення компромісів розраховуються:

$$x' = (151225,6x^2 + 59668,09x^2 + 162,05x^2)' = \frac{10552937x}{25}, \quad (4.6.)$$

$$x'' = (151225,6x^2 + 59668,09x^2 + 162,05x^2)'' = \frac{(10552937x)'}{25} = \frac{10552937}{25}$$

 З чого випливає, що відносне значення $F_1(x)$ більше, ніж критерій $F_2(x)$:

$$\frac{10552937x}{25} > \frac{10552937}{25}$$

II. Застосування методу експертних оцінок для перевірки надійності процесу:

Використовуючи метод експертних оцінок було знайдено коефіцієнт конкордації для розуміння чи є даний процес надійним:

$$Q = \frac{12 \cdot \sum_{i=1}^3 \rho_i}{m_i^2(n_i^3 - n)} = \frac{12 \cdot (\rho_1 + \rho_2 + \rho_3)}{m_i^2(n_i^3 - n)} = \frac{12 \cdot 14}{5^2(3^3 - 3)} = 0,28$$

 Отже, дане рішення та значення щодо вимог є надійним, якщо $const = (0; 1)$ і співпадає з методом експертних оцінок. Значення коефіцієнта конкордації під впливом факторів $Q \approx 0,28$ що є близьким від 0 до 1 та вказує на узгодженість експертних оцінок відносно даного процесу.

III. Використання програмного продукту C++:

Було формалізовано процес математичного розв'язання задачі функціонування системи інтегрованого управління будівельних процесів з урахуванням впливу ризиків будівельної галузі із використанням програмного продукту C++. Компілюючи код програми отримаємо рішення:

1.2 Для визначення пріоритетності застосуємо платформу Метода Сааті - це важливий етап у розвитку ефективності управління та прийняття рішень. Цей підхід стає особливо важливим у сучасному світі, де швидкість та точність вирішення завдань є ключовими факторами успіху надійності процесу для будь-якої організації чи підприємства.

Використовуючи рівняння системи (4.3.) матрицю відповідних значень можна представити у вигляді:

$$A = \begin{pmatrix} 102,6 & 85,5 & 85,5 \\ 22,23 & 20,52 & 19,66 \\ 0,10 & 0,25 & 2,56 \end{pmatrix} \quad \bar{x} = \begin{pmatrix} 160 \\ 36,5 \\ 2,91 \end{pmatrix}$$

Тоді обчислимо наближені значення власних векторів, компоненти яких визначають пріоритети альтернатив за кожним критерієм:

$$\mu = (\omega_1, \omega_2, \omega_3);$$

та компоненти векторів, яких визначають пріоритети альтернатив за кожним критерієм відповідно:
 $v_1 = (0,22; 0,13; 0,35); v_2 = (0,37; 0,41; 0,22); v_3 = (0,63; 0,22; 0,15)$.

Виходячи з цього, ранжування здійснюється на підставі обчислення глобальних пріоритетів, підставивши наші дані для обчислення отримаємо результати ранжування для визначення пріоритетів:
 $P_1 = \mu_1 l_{11} + \mu_2 l_{21} + \mu_3 l_{31} = 0,12 \cdot 0,22 + 0,35 \cdot 0,13 + 0,51 \cdot 0,65 = 0,40;$
 $P_2 = \mu_1 l_{12} + \mu_2 l_{22} + \mu_3 l_{32} = 0,12 \cdot 0,37 + 0,35 \cdot 0,41 + 0,51 \cdot 0,22 = 0,30;$
 $P_3 = \mu_1 l_{13} + \mu_2 l_{23} + \mu_3 l_{33} = 0,12 \cdot 0,63 + 0,35 \cdot 0,22 + 0,51 \cdot 0,15 = 0,23.$
 Із чого випливає, що найкращою альтернативою є P_1 , тому має найбільший глобальний пріоритет.

```

Minimize: f=151226x1+59668.1x2+162.05x3 - цільова функція
СИСТЕМА
102.6x1+85.5x2+85.5x3<=160
22.23x1+20.52x2+19.66x3<=36.5
0.1x1+0.25x2+2.56x3<=2.91

102.6 85.5 85.5 1 0 0 160
22.23 20.52 19.66 0 1 0 36.5
0.1 0.25 2.56 0 0 1 2.91
151226 59668.1 162.05 0 0 0 0

k=1, 1=1,
1 0.833333 0.833333 0.00974659 0 0 1.55945
0 1.095 1.135 -0.216567 1 0 1.83333
0 0.166667 2.47667 -0.000974659 0 1 2.75405
0 -66353.2 -125859 -1473.93 0 0 -235829

ОТРИМАЄМО ЗНАЧЕННЯ ПО X: x1=1.55945, x2=22.23, x3=0.1, MIN ФУНКЦІЯ: f=235829- знайдене MIN значення.
    
```

З чого випливає, що даний процес має рішення та гарантує надійність навіть під впливом зовнішніх факторів, пріоритетності, компромісу та ризику

Рисунок 3.12 – Математичний інструментарій вибору організаційно-технологічних рішень на підґрунті інтегрованого управління будівельними процесами

Висновки до розділу 3

Специфіка будівництва, а також необхідність забезпечення стабільного зростання інвестиційно-будівельної діяльності призводять до того, що цю техніко-економічну систему можна описати у вигляді сукупності трьох функціональних груп:

- підсистеми аналізу та синтезу;
- виконавчі основні та допоміжні підсистеми;
- результуючі підсистеми.

При цьому кожна з зазначених функціональних груп декомпонується і має специфічні особливості.

Сукупність виконуваних організатором будівництва функцій та процесів інтегрованої моделі управління на основі алгоритму оперативного управління дозволяє сформулювати метод оперативного управління організацією будівництва, що дозволяє прогнозувати та нівелювати можливі відхилення та ризики.

Система інтегрованого управління є невід'ємною частиною розробленого математичного інструментарію визначення оптимальності організаційно-технологічних рішень управління будівельними процесами, що включає основні етапи:

- розробка механізму вибору організаційно-технологічних рішень на підґрунті інтегрованого управління будівельними процесами – використовується факторний аналіз знаходження ризику на основі адитивної моделі, що враховує компроміси та їх математичну інтерпретацію; визначення пріоритетності процесу використовуючи платформу метода Сааті.

- для досягнення мети з ухвалення надійних організаційно-технологічних рішень використаний запропонований алгоритм інтегрованого управління. Завдяки цьому алгоритму обґрунтований діапазон надійності дозволяє з більшою ймовірністю планувати будівельно-монтажні роботи,

точніше визначати їх тривалість. Це призводить до зниження витрат і підвищення якості будівельної продукції,

- формалізація процесу математичного розв'язання задачі функціонування системи інтегрованого управління будівельних процесів з урахуванням впливу ризиків будівельної галузі із використання програмного продукту C++.

Обґрунтовано, що інтегроване управління передбачає наявність активної та пасивної складових. У межах пасивної складової передбачається фіксація величин результуючих показників, яка показує ступінь їх відхилення від планових, а активна складова пов'язана із встановленням причин виникнення відхилень та формулювання заходів щодо їх демпфування чи нівелювання.

Здійснюване в єдиному тренді зі стратегічним, оперативне управління в рамках інтегрованого управління реалізації інвестиційних проектів у частині розподілу ресурсів та компетенцій можна подати у вигляді таких укрупнених груп процедур:

1) фіксація пріоритету та встановлення необхідного обсягу інвестування кожного проекту;

2) розподіл ресурсів та компетенцій за інвестиційними проектами відповідно до пріоритетності;

3) знаходження інтегральних показників ефективності інвестиційних проектів та всієї програми в цілому, з урахуванням проведеного коригування розподілу ресурсів та компетенцій.

РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВПРОВАДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЙНО - ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ НА ПІДґРУНТІ ІНТЕГРОВАНОГО УПРАВЛІННЯ БУДІВЕЛЬНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Експериментальне впровадження математичного інструментарію для визначення оптимальності організаційно-технологічних рішень на основі інтегрованого управління будівельними процесами є важливим етапом вдосконалення будівельної галузі. Такий етап дає право включати багатогранні аспекти до будівельних проєктів, наприклад, витрати, строки виконання, вплив ризику та факторів (зовнішнього середовища) з метою покращення та забезпечення якості та надійності процесу та уникнення проблем ефективного управління.

Значним вирішення управління будівельними процесами є математична інтерпретація. Тобто, використовуючи математичні методи з урахуванням алгоритму та аналізу дій можна оптимально розподілити стратегії та вирішити складні задачі у будівництві.

Впроваджуючи такі інструменти та використовуючи математичну модель - це дозволить отримати практичні знання та експериментальний підхід до їх застосування, оцінюючи їх ефективне значення до реальних складових інтегрального управління. Досліджуючи і далі результати даного процесу - це допоможе зрозуміти та забезпечити вдосконалення і використання стратегій в організаційно-технологічних процесах управління задля підвищення надійності.

Використовуючи такий підхід і далі ми зможемо інтегрувати математичну модель в процес управління будівельними проєктами та отримаємо комплексний та системний підхід до ресурсів, тривалості, впливу ризику та факторів забезпечуючи їх оптимальне значення.

Компанії та підприємства, які застосовують такий інноваційний підхід можуть мати конкурентну значимість на ринку будівельної сфери, забезпечуючи при цьому зростання свого бізнесу в умовах конкурентності та військового стану.

4.1 Впровадження організаційно-технологічних рішень на підґрунті інтегрованого управління будівельними процесами з урахуванням впливу ризиків будівельної галузі

Впровадження організаційно-технологічних рішень на основі інтегрованого управління будівельними процесами в сучасній будівельній галузі є невід'ємною складовою стратегії підвищення ефективності та забезпечення надійності проектів. Успішне впровадження таких рішень передбачає не лише використання сучасних технологій та методик управління, але й глибоке розуміння та урахування ризиків, що є невід'ємною складовою будівельного процесу.

Один з головних аспектів управління будівельними проектами - це аналіз та управління ризиками. Врахування потенційних ризиків дозволяє попередити можливі негативні наслідки та забезпечити стабільність у виконанні проектів. Щоб ефективно управляти ризиками, вміти оцінювати вплив факторів, необхідно виявляти інтегрований підхід щодо організаційно-технологічних рішень у будівельній сфері.

Головними складовими інтегрованого управління будівельними процесами є застосування інформаційних засобів для збору аналізу даних, алгоритм планування процесу та його закінчення, моніторинг системи контролю за управління і виконання завдань. Ці інструменти дозволяють оперативно реагувати на зміни у проекті та ефективно управляти ризиками, що можуть виникнути під час будівництва.

Застосування організаційно-технологічних рішень на підґрунті інтегрованого управління будівельними процесами стає ключовим чинником у підвищенні конкурентоспроможності підприємств будівельної галузі, забезпечуючи їм можливість ефективно конкурувати на ринку та здійснювати успішне виконання будівельних проектів.

Для побудови математичної моделі організаційно-технологічного процесу маємо таку постановку задачі:

Нехай є процес (PP_1), де планується підприємством мінімізація (\min) вартості витрат (W) та оптимально їх розподілити по 1 об'єкту в 3 черги. Є вимоги: ресурси (V) та тривалість (T). Враховуючи військовий стан в країні, що є одним з ключових факторів зовнішнє середовище – фактори (H), які впливають на значення вимог по об'єкту. Існують ризики (R), компроміси (K) та пріоритетність (P) процесу, які необхідно знайти. Потрібно отримати надійність процесу з урахуванням ризику, компромісів та пріоритетності та чи буде виконаний даний процес під впливом факторів.

Користуючись ДСТУ Б А.3.1.-22:2016 знайдемо фактори (H), які у військовий час впливають на процес:

$H_1 = 0,06$ - за наявності стиснених умов складування матеріалів або неможливості їх складування на будівельному майданчику для нормального забезпечення матеріалами робочих місць;

$H_2 = 0,15$ – коефіцієнт, що враховує наявність на території будівельного майданчика інженерних мереж;

$H_3 = 1,5$ – виконання ремонтно-будівельних робіт за наявності на місці виконання шкідливих умов труда.

Застосовуючи формулу (3.1.) для знаходження ризику використовуючи факторний аналіз отримаємо:

$$R = 0,06 + 0,15 + 1,5 = 1,71 \quad (4.1.)$$

Із формули (3.2.) побудуємо математичну модель із заданими числовими значеннями:

$$1,71\{W_{ij}, V_{ij}, T_{ij}, H_{ij}\}, \quad (4.2.)$$

розпишемо рівняння (4.2.) стосовно числових даних. Вартість процесу:

$$W_{ij}: W_{11} = 88436,06; W_{12} = 34893,62; W_{13} = 94,77;$$

ресурси:

$$V_{ij}: V_{11} = 60; V_{12} = 50; V_{13} = 50;$$

тривалість процесу:

$$T_{ij}: T_{11} = 13; T_{12} = 12; T_{13} = 11,5;$$

фактори процесу:

$$H_{ij}: H_{11} = 0,06; H_{12} = 0,15; H_{13} = 1,5.$$

Підставляючи значення (4.3.) у (4.2.) отримаємо такі числові дані:

$$W_{ij}: W_{11} = 151225,6; W_{12} = 59668,09; W_{13} = 162,05;$$

$$V_{ij}: V_{11} = 102,6; V_{12} = 85,5; V_{13} = 85,5;$$

$$T_{ij}: T_{11} = 22,23; T_{12} = 20,52; T_{13} = 19,66;$$

$$H_{ij}: H_{11} = 0,10; H_{12} = 0,25; H_{13} = 2,56.$$

Тоді представимо математичну модель у вигляді системи користуючись формулою (3.16.):

$$\begin{cases} 102,6x_1 + 85,5x_2 + 85,5x_3 \geq 160 \\ 22,23x_1 + 20,52x_2 + 19,66x_3 \geq 36,5 \\ 0,10x_1 + 0,25x_2 + 2,56x_3 \geq 2,91 \end{cases} \quad (4.3.)$$

Використовуючи числові дані вартості процесу із рівняння (4.2.) підставляючи у (3.5.), тоді цільова функція прийме вид:

$$F(x) = (151225,6x_1 + 59668,09x_2 + 162,05x_3) \rightarrow \min, \quad (4.4.)$$

Тепер перейдемо до визначення компромісів, для їх порівняння застосуємо формулу (3.6.), підставляючи дані PP_1 та з урахуванням ризику та піднесення у степінь отримаємо:

$$F(x) = 151225,6x^2 + 59668,09x^2 + 162,05x^2, \quad (4.5.)$$

Користуючись формулою (3.9.) знайдемо x', x'' :

$$x' = (151225,6x^2 + 59668,09x^2 + 162,05x^2)' = \frac{10552937x}{25}, \quad (4.6.)$$

$$\begin{aligned} x'' &= (151225,6x^2 + 59668,09x^2 + 162,05x^2)'' = \left(\frac{10552937x}{25}\right)' \\ &= \frac{10552937}{25}. \end{aligned} \quad (4.7.)$$

З чого випливає, що відносне значення $F_1(x)$ більше, ніж критерій $F_2(x)$:

$$\frac{10552937x}{25} > \frac{10552937}{25}. \quad (4.8.)$$

то слід віддати перевагу розв'язку (4.6.), що базується на порівнянні вартості поступки за кожним критерієм.

Визначення пріоритетності процесів через використання платформи Метода Сааті - це важливий етап у розвитку ефективності управління та прийняття рішень.

Використання цього методу дозволяє визначити, які процеси або завдання є найбільш важливими та потребують найбільшого уваги та ресурсів. Шляхом порівняння кожного процесу за рядом критеріїв і визначення їх вагомості. Метод Сааті допомагає уникнути суб'єктивних ухвалень та забезпечує об'єктивне прийняття управлінських рішень.

Цей підхід стає особливо важливим у сучасному світі, де швидкість та точність вирішення завдань є ключовими факторами успіху надійності процесу для будь-якої організації чи підприємства.

Використовуючи платформу методу Сааті для визначення пріоритетності процесу побудуємо шкалу важливості ступеня порівняння альтернатив (табл. 4.1).

Таблиця 4.1. - Шкала важливості ступеня порівнянь альтернатив

Властивість високої якості	Числове значення m_{ij}
Рівноцінна важливість	1
Незначна важливість	3
Істотна важливість	5
Явна важливість	7
Безумовна важливість	9
Середня важливість	2,4,6,8

Використовуючи рівняння системи (4.3.) матрицю відповідних значень можна представити у вигляді:

$$A = \begin{pmatrix} 102,6 & 85,5 & 85,5 \\ 22,23 & 20,52 & 19,66 \\ 0,10 & 0,25 & 2,56 \end{pmatrix} \quad \bar{x} = \begin{pmatrix} 160 \\ 36,5 \\ 2,91 \end{pmatrix}, \quad (4.9.)$$

тоді, за правилами множення матриці та формулою (3.18.) отримаємо:

$$\bar{y} = \begin{pmatrix} 102,6 & 85,5 & 85,5 \\ 22,23 & 20,52 & 19,66 \\ 0,10 & 0,25 & 2,56 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 160 \\ 36,5 \\ 2,91 \end{pmatrix}, \quad (4.10.)$$

Для обчислення компонентів матриці застосуємо формули (3.20.) - (3.22.) та підставляючи наші числові дані отримаємо:

$$\begin{aligned} \bar{y}_{11} &= 102,6 \cdot 160 + 85,5 \cdot 36,5 + 85,5 \cdot 2,91 \\ &= 16416 + 3120,75 + 248,805 = 19785,555; \end{aligned} \quad (4.11.)$$

$$\begin{aligned} \bar{y}_{21} &= 22,23 \cdot 160 + 20,52 \cdot 36,5 + 19,66 \cdot 2,91 \\ &= 3556,8 + 748,98 + 57,2106 = 4362,9906; \end{aligned} \quad (4.12.)$$

$$\begin{aligned} \bar{y}_{31} &= 0,1 \cdot 160 + 0,25 \cdot 36,5 + 2,56 \cdot 2,91 = 16 + 9,125 + 7,4496 \\ &= 32,5746. \end{aligned} \quad (4.13.)$$

Використовуючи дані з рівнянь (4.11.) – (4.13.) підставляючи їх до таблиці 3.2, отримаємо парні порівняння критеріїв (табл.4.2.). Розрахуємо дані до таблиці:

$$l_{11} = \gamma_{11} = 19785,555;$$

$$l_{12} = \gamma_{21} = 4362,9906;$$

$$l_{13} = \gamma_{31} = 32,5746;$$

$$l_{21} = \frac{\gamma_{11}}{2} = \frac{19785,555}{2} = 9892,7775;$$

$$l_{22} = \frac{\gamma_{21}}{2} = \frac{4362,9906}{2} = 2181,4953;$$

$$l_{23} = \frac{\gamma_{31}}{6} = 5,4291;$$

$$l_{33} = \frac{\gamma_{11}}{3} = \frac{19785,555}{3} = 6595,185;$$

$$l_{32} = \gamma_{21} = 4362,9906;$$

$$l_{33} = \frac{\gamma_{31}}{\gamma_{31}} = \frac{32,5746}{32,5746} = 1;$$

Таблиця 4.2. - Парні порівняння критеріїв l_1, l_2, l_3

критерії	l_1	l_2	l_3
l_1	19785,555	4362,9906	32,5746
l_2	9892,7775	2181,4953	5,4291
l_3	6595,185	4362,9906	1

Аналогічним чином задаються парні порівняння якостей альтернатив за кожним критерієм. Представимо числові значення у табл.4.3.-4.5.

Використовуючи задані формули у таблиці 3.3 та підставляючи числові значення із рівнянь (4.11.) – (4.13.) отримаємо дані для таблиці 4.3.:

$$F(x)F(x) = \gamma_{11} = 19785,555;$$

$$F(x)F_1(x) = \frac{\gamma_{21}}{2} = \frac{4362,9906}{2} = 2181,4953;$$

$$F(x)F_2(x) = \gamma_{31} = 32,5746;$$

$$F_1(x)F(x) = \frac{\gamma_{11}}{2} = \frac{\left(\frac{19785,555}{2}\right)}{2} = \frac{9892,7775}{2} = 4946,3888;$$

$$F_1(x)F_1(x) = \frac{\gamma_{21}}{2} = \frac{4362,9906}{2} = 2181,4953;$$

$$F_1(x)F_2(x) = \frac{\gamma_{31}}{6} \cdot 4 = 5,4291 \cdot 4 = 21,7164;$$

$$F_2(x)F(x) = \frac{\gamma_{11}}{3} = 6595,185;$$

$$F_2(x)F_1(x) = \frac{\gamma_{21}}{2} = \frac{\frac{4362,9906}{2}}{2} = \frac{2181,4953}{2} = 1090,7476;$$

$$F_2(x)F_2(x) = \frac{\gamma_{31}}{\gamma_{31}} = \frac{32,5746}{32,5746} = 1;$$

Таблиця 4.3. - Парні порівняння якості альтернатив за критерієм l_1

Альтернативи	$F(x)$	$F_1(x)$	$F_2(x)$
$F(x)$	19785,555	2181,4953	32,5746
$F_1(x)$	4946,3888	2181,4953	21,7164
$F_2(x)$	6595,185	1090,7476	1

Використовуючи задані формули у таблиці 3.4 та підставляючи числові значення із рівнянь (4.11.) – (4.13.) отримаємо дані для таблиці 4.4.:

$$F(x)F(x) = \gamma_{11} = 19785,555;$$

$$F(x)F_1(x) = \frac{\gamma_{21}}{4} = \frac{4362,9906}{4} = \frac{2181,4953}{4} = 545,3738;$$

$$F(x)F_2(x) = \gamma_{31} \cdot 2 = 32,5746 \cdot 2 = 65,1492;$$

$$F_1(x)F(x) = \gamma_{11} \cdot 4 = 19785,555 \cdot 4 = 79142,22;$$

$$F_1(x)F_1(x) = \frac{\gamma_{21}}{2} = \frac{4362,9906}{2} = 2181,4953;$$

$$F_1(x)F_2(x) = \frac{\gamma_{31}}{2} = \frac{32,5746}{2} = \frac{1}{2} = 0,5;$$

$$F_2(x)F(x) = \frac{\gamma_{11}}{3} = \frac{6595,185}{2} = 3297,5925;$$

$$F_2(x)F_1(x) = \gamma_{21} = 4362,9906;$$

$$F_2(x)F_2(x) = \frac{\gamma_{31}}{\gamma_{31}} = \frac{32,5746}{32,5746} = 1;$$

Таблиця 4.4. - Парні порівняння якості альтернатив за критерієм l_2

Альтернативи	$F(x)$	$F_1(x)$	$F_2(x)$
$F(x)$	19785,555	545,3738	65,1492
$F_1(x)$	79142,22	2181,4953	0,5
$F_2(x)$	3297,5925	4362,9906	1

Використовуючи задані формули у таблиці 3.5 та підставляючи числові значення із рівнянь (4.11.) – (4.13.) отримаємо дані для таблиці 4.5.:

$$F(x)F(x) = \gamma_{11} = 19785,555;$$

$$F(x)F_1(x) = \frac{\gamma_{21}}{2} \cdot 3 = \frac{4362,9906}{2} \cdot 3 = 2181,4953 \cdot 3 = 6544,4859;$$

$$F(x)F_2(x) = \frac{\gamma_{31}}{5} = \frac{32,5746}{5} = \frac{1}{5} = 0,2;$$

$$F_1(x)F(x) = \frac{\gamma_{11}}{3} = \frac{19785,555}{3} = 6595,185;$$

$$F_1(x)F_1(x) = \frac{\gamma_{21}}{2} = \frac{4362,9906}{2} = 2181,4953;$$

$$F_1(x)F_2(x) = \frac{\gamma_{31}}{3} = \frac{32,5746}{3} = \frac{1}{3} = 0,33;$$

$$F_2(x)F(x) = \gamma_{11} \cdot 5 = 19785,555 \cdot 5 = 98927,775;$$

$$F_2(x)F_1(x) = \frac{\gamma_{21}}{2} \cdot 3 = \frac{4362,9906}{2} \cdot 3 = 6544,4859;$$

$$F_2(x)F_2(x) = \frac{\gamma_{31}}{\gamma_{31}} = \frac{32,5746}{32,5746} = 1;$$

Таблиця 4.5. - Парні порівняння якості альтернатив за критерієм l_3

Альтернативи	$F(x)$	$F_1(x)$	$F_2(x)$
$F(x)$	19785,555	6544,4859	0,2
$F_1(x)$	6595,185	2181,4953	0,33
$F_2(x)$	98927,775	6544,4859	1

Посилаючись на практику наближенні рішення компонента вектору пріоритетів $\bar{\omega}(\omega_1, \dots, \omega_n)$ знаходять за формулою як нормоване геометричне середнє елементів заданої матриці (4.9.).

Тобто, для визначення компонента вектору використовують співвідношення (3.23.), підставивши наші числові значення обчислимо наближені значення власних векторів, компоненти яких визначають пріоритети альтернатив за кожним критерієм:

$$\mu = (\omega_1, \omega_2, \omega_3); \quad (4.14.)$$

$$\varphi_1 = \sqrt[3]{(m_{11} \cdot m_{12} \cdot m_{13})} = \sqrt[3]{1 \cdot 2 \cdot 3} = 1,81;$$

$$\varphi_2 = \sqrt[3]{(m_{21} \cdot m_{22} \cdot m_{23})} = \sqrt[3]{5 \cdot 4 \cdot 7} = 5,19;$$

$$\varphi_3 = \sqrt[3]{(m_{31} \cdot m_{32} \cdot m_{33})} = \sqrt[3]{6 \cdot 9 \cdot 8} = 7,55;$$

$$\omega_1 = \frac{\varphi_1}{(\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3)} = \frac{1,81}{1,81 + 5,19 + 7,55} = \frac{1,81}{14,55} = 0,12;$$

$$\omega_2 = \frac{\varphi_2}{(\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3)} = \frac{5,19}{1,81 + 5,19 + 7,55} = \frac{5,19}{14,55} = 0,35;$$

$$\omega_3 = \frac{\varphi_3}{(\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3)} = \frac{7,55}{1,81 + 5,19 + 7,55} = \frac{7,55}{14,55} = 0,51.$$

Тоді підставляючи отримані значення у формулу (4.14.) отримаємо:

$$\mu = (0,12; 0,35; 0,51);$$

та компоненти векторів, яких визначають пріоритети альтернатив за кожним критерієм відповідно до формули (3.28.), отримаємо:

$$v_1 = (0,22; 0,13; 0,35);$$

$$v_2 = (0,37; 0,41; 0,22);$$

$$v_3 = (0,63; 0,22; 0,15).$$

Виходячи з цього, ранжування здійснюється на підставі обчислення глобальних пріоритетів, що показано за формулами у табл.3.6., підставивши наші дані для обчислення отримаємо результати ранжування для визначення пріоритетів:

$$P_1 = \mu_1 l_{11} + \mu_2 l_{21} + \mu_3 l_{31} = 0,12 \cdot 0,22 + 0,35 \cdot 0,13 + 0,51 \cdot 0,65 = 0,40;$$

$$P_2 = \mu_1 l_{12} + \mu_2 l_{22} + \mu_3 l_{32} = 0,12 \cdot 0,37 + 0,35 \cdot 0,41 + 0,51 \cdot 0,22 = 0,30;$$

$$P_3 = \mu_1 l_{13} + \mu_2 l_{23} + \mu_3 l_{33} = 0,12 \cdot 0,63 + 0,35 \cdot 0,22 + 0,51 \cdot 0,15 = 0,23.$$

Таблиця 4.6. - Результати ранжування для визначення пріоритетів

Альтернативи	Критерії			Глобальні пріоритети P
	l_1	l_2	l_3	
	0,12	0,35	0,51	
$F(x)$	0,22	0,13	0,65	0,40
$F_1(x)$	0,37	0,41	0,22	0,30
$F_2(x)$	0,63	0,22	0,15	0,23

Із таблиці 4.6 випливає, що найкращою альтернативою є $F(x)$, тому вона має найбільший глобальний пріоритет.

4.2. Отримання ефективності механізму вибору організаційно-технологічних рішень на основі інтегрованого управління будівельними процесами

Отримання ефективності механізму вибору організаційно-технологічних рішень на основі інтегрованого управління будівельними процесами є важливою складовою успішного впровадження будівельних проєктів.

Охоплення різних аспектів в інтегрованому управлінні дозволяє оптимально розподілити ресурси задля максимальної ефективності.

Щоб підійти до процесу обґрунтовано та оптимально необхідно застосувати новітні технології, механізми вибору рішень, враховуючи аналіз даних, альтернативний підхід, вплив факторів та ризику, терміни виконання та витрати.

Використовуючи методи симуляції та моделювання можна уникнути відхилення термінів виконання проєкту.

Для ефективності процесу можна застосувати метод експертних оцінок або ранжування, що може стати ключовим та вирішальним аспектом в інтегрованому управлінні.

Сутність методу експертних оцінок є в залученні та використанні фахівців певної сфери або експертів з відмінних сфер діяльності для оцінки впливу будівельного процесу.

Експертні оцінки дозволяють зробити обґрунтовані висновки щодо оптимальних рішень та стратегій управління.

Тому використовуючи метод експертних оцінок знайдемо коефіцієнт конкордації для розуміння чи є даний процес надійним.

Для отримання оцінки (e_{ij}) від експерту (m_j) приймаються значення ві 1 до 8. Де 1 – це погано, 8 – відмінно, i – порядковий номер фактору, j – порядковий номер експерта, представимо це у таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 - Узгодження ранжованих рядів

Фактори впливу	Значення експертів ПР ₁					Сума рангів ПР ₁	Відхилення ПР ₁	Квадрат відхилення ПР ₁
	1	2	3	4	5			
H_1	7	1	6	7	4	25	-2	4
H_2	4	1	5	7	7	26	-1	1
H_3	5	7	5	6	7	30	3	9
\sum значе	16	9	16	20	18	27	0	14

Для знаходження суми рангів використаємо формулу (3.38.) та отримасмо:

$$\sum_{j=1}^5 e_{1j} = (e_{11} + e_{12} + e_{13} + e_{14} + e_{15}) = 25;$$

$$\sum_{j=1}^5 e_{2j} = (e_{21} + e_{22} + e_{23} + e_{24} + e_{25}) = 26; \quad (4.15.)$$

$$\sum_{j=1}^5 e_{3j} = (e_{31} + e_{32} + e_{33} + e_{34} + e_{35}) = 30;$$

загальні значення щодо кожного експерта отримуємо підставляючи наші значення до формули (3.40.):

$$\sum_{i=1}^3 e_{i1} = (e_{11} + e_{21} + e_{31}) = 16;$$

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^3 e_{i2} &= (e_{12} + e_{22} + e_{32}) = 9; \\ \sum_{i=1}^3 e_{i3} &= (e_{13} + e_{23} + e_{33}) = 16; \\ \sum_{i=1}^3 e_{i4} &= (e_{14} + e_{24} + e_{34}) = 20; \\ \sum_{i=1}^3 e_{i5} &= (e_{15} + e_{25} + e_{35}) = 18. \end{aligned} \quad (4.16.)$$

Розрахуємо середнє значення застосовуючи формулу (3.41.) та наші значення із рівняння (4.15.):

$$\sigma = \left(\frac{\sum_{j=1}^5 e_{1j} + \sum_{j=1}^5 e_{2j} + \sum_{j=1}^5 e_{3j}}{3} \right) = 27, \quad (4.17.)$$

тоді знайдемо відхилення PP_1 щодо H_1 :

$$\tau_1 = \sum_{j=1}^5 e_{1j} - \sigma = \sum_{j=1}^5 e_{1j} - \left(\frac{\sum_{j=1}^5 e_{1j} + \sum_{j=1}^5 e_{2j} + \sum_{j=1}^5 e_{3j}}{3} \right) = -2, \quad (4.18.)$$

відхилення PP_1 щодо H_2 :

$$\tau_2 = \sum_{j=1}^5 e_{2j} - \sigma = \sum_{j=1}^5 e_{2j} - \left(\frac{\sum_{j=1}^5 e_{1j} + \sum_{j=1}^5 e_{2j} + \sum_{j=1}^5 e_{3j}}{3} \right) = -1, \quad (4.19.)$$

відхилення PP_1 щодо H_3 :

$$\tau_3 = \sum_{j=1}^5 e_{3j} - \sigma = \sum_{j=1}^5 e_{3j} - \left(\frac{\sum_{j=1}^5 e_{1j} + \sum_{j=1}^5 e_{2j} + \sum_{j=1}^5 e_{3j}}{3} \right) = 3, \quad (4.20.)$$

Застосовуючи формулу (3.45.) знайдемо середнє значення відхилення:

$$\sum_{i=1}^3 \tau_i = (\tau_1 + \tau_2 + \tau_3) = 0, \quad (4.21.)$$

квадратичне відхилення PP_1 щодо H_1 :

$$\rho_1 = \tau_1^2 = 4; \quad (4.22.)$$

квадратичне відхилення PP_1 щодо H_2 :

$$\rho_2 = \tau_2^2 = 1; \quad (4.23.)$$

квадратичне відхилення PP_1 щодо H_3 :

$$\rho_3 = \tau_3^2 = 9. \quad (4.24.)$$

Середнє квадратичне значення розраховується за формулою (3.49.), підставляючи дані отримаємо:

$$\sum_{i=1}^3 \rho_i = (\rho_1 + \rho_2 + \rho_3) = 14. \quad (4.25.)$$

За наступним виразом (3.50.) обчислюється коефіцієнт конкордації:

$$Q = \frac{12 * \sum_{i=1}^3 \rho_i}{m_j^2(n_i^3 - n)} = \frac{12 * (\rho_1 + \rho_2 + \rho_3)}{m_j^2(n_i^3 - n)} = \frac{12 * 14}{5^2(3^3 - 3)} = 0,28.$$

Отже, дане рішення та значення щодо вимог є надійним, якщо $const = \overline{(0; 1)}$ і співпадає з методом експертних оцінок.

Значення коефіцієнта конкордації під впливом факторів $Q \approx 0,28$ що є близьким від 0 до 1 та вказує на узгодженість експертних оцінок відносно даного процесу.

Такий підхід до інтегрованого управління будівельними процесами, заснований на методі експертних оцінок, сприяє забезпеченню більшої ефективності, точності і успішності виконання будівельних проектів.

Для зображення графіків залежності візьмемо із системи (4.9.) такі дані, як: тривалість, вартість, ресурси та фактори.

Будемо мати у сукупності три графіки. Графічну інтерпретацію будемо виконувати за допомогою математичної програми Maple.

1) Візьмемо координати вартості процесу та факторів, підставивши наші значення у формулу (3.52.), отримаємо:

$$W(y) = 211055,74x, \quad H(y) = 2,91x; \quad (4.26.)$$

побудуємо їх у Maple, за допомогою функції plot та отримаємо графік залежності:

```
plot([211055.74x, 2.91 x], x=-100..100, style=[LINE, POINT]);
```

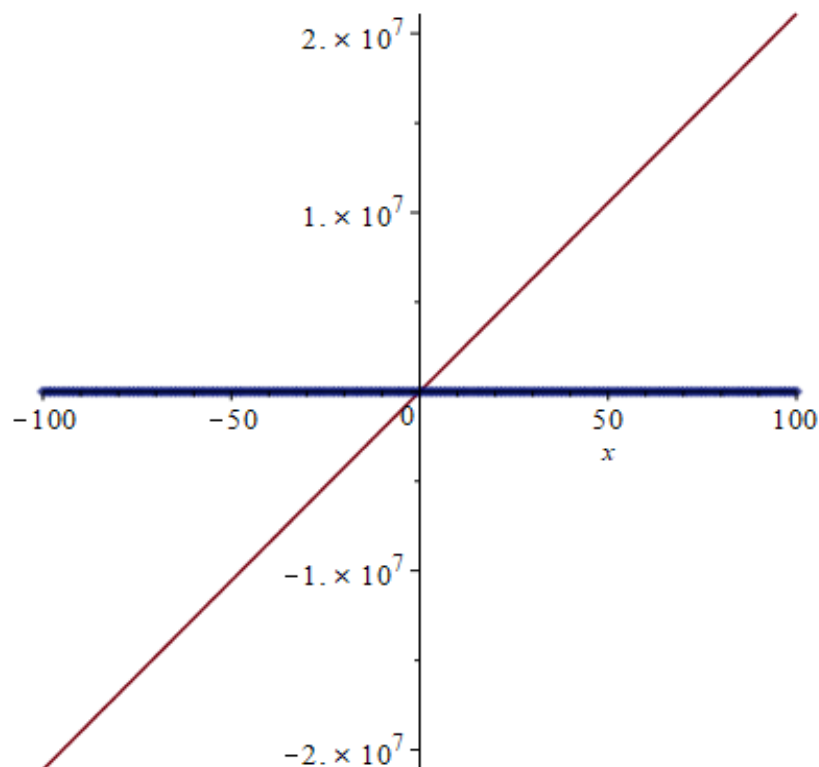


Рисунок 4.1. – Графік залежності вартості та впливу факторів

2) Візьмемо координати ресурсів процесу та вартості, підставивши наші значення у формулу (3.53.), отримаємо:

$$V(y) = 273,6x, \quad T(y) = 62.41x; \quad (4.27.)$$

побудуємо їх у Maple:

```
plot([273.6x, 62.41x], x=-1000000..1000000, style=[LINE, POINT]);
```

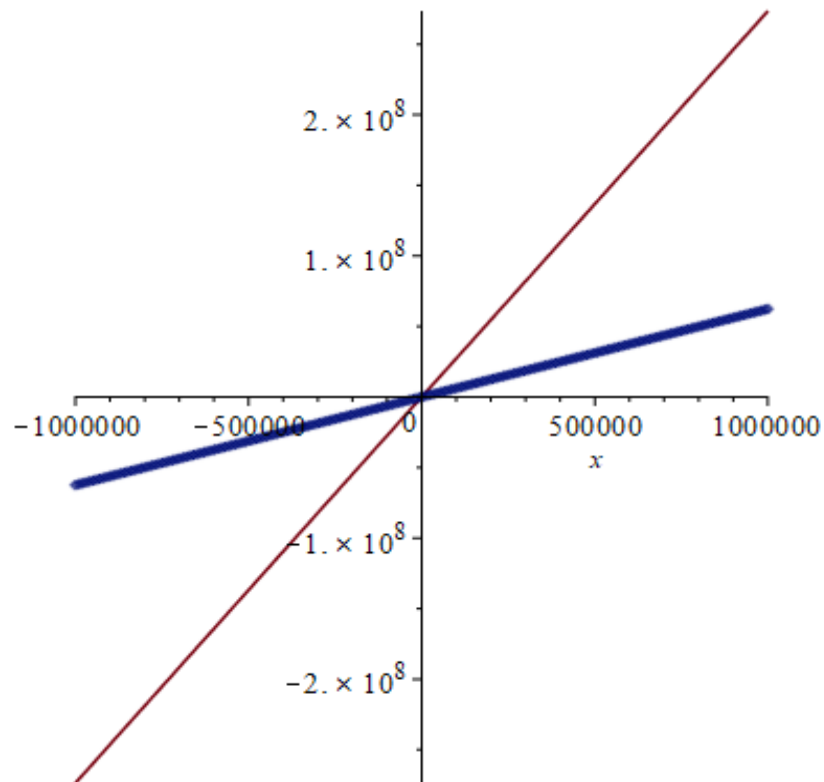


Рисунок 4.2. – Графік залежності ресурсів та тривалості

3) Візьмемо координати тривалості процесу та факторів, підставивши наші значення у формулу (3.54.), отримаємо:

$$T(y) = 62.41x, \quad H(y) = 2,91x; \quad (4.28.)$$

побудуємо їх у Maple, за допомогою функції `plot` та отримаємо графік залежності:

```
plot([2.91 x, 62.41 x], x = -10 .. 10, style = [LINE, POINT]);
```

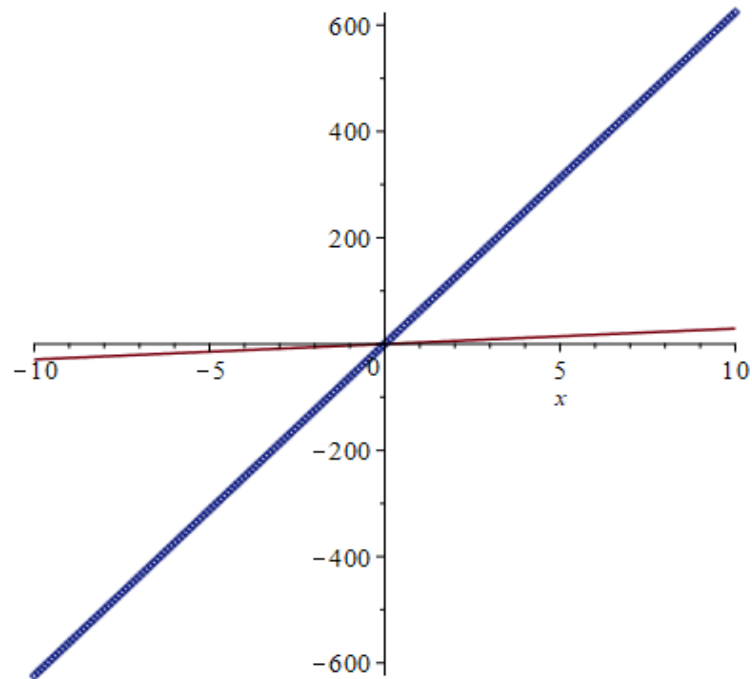


Рисунок 4.3. – Графік залежності тривалості та впливу факторів

Користуючись формулою (3.52.), підставивши дані із системи (4.9), побудуємо графік у тривимірному просторі, візьмемо дані факторів які впливають на вартість процесу. За допомогою математичного комплексного продукту Maple, отримаємо:

```
plot3d(211055.74x + 2.91y, x=-100...100, y=-100...100);
```

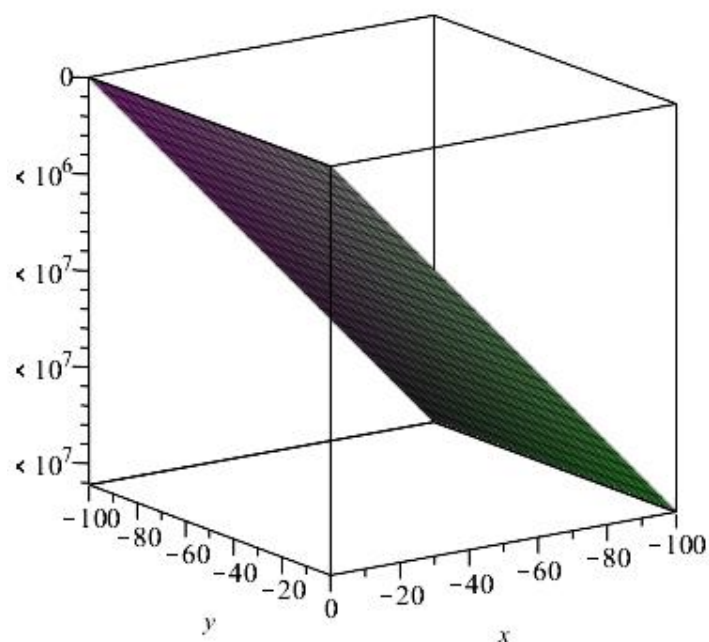


Рисунок 4.4. – 3D зображення впливу факторів на вартість процесу

Таблиця 4.8.- Відомість обсягів робіт по чергам

№ п/п	Об'єкт		
	I черга	II черга	III черга
1	<p>Демонтажні роботи:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Розбирання кам'яної кладки внутрішніх стін із цегли 2) Демонтаж перекриттів із залізобетонних плит 3) Демонтаж перемичок та прогонів 4) Демонтаж залізобетонних балок перекриття 5) Очищення підвалу від сміття 6) Навантаження та перевезення сміття 	<p>Підлога:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Розбирання покриттів підлог (цементних стяжок, керамічних, паркет, лінолеум) 2) Улаштування цементної стяжки 3) Улаштування стяжок самовирівнювальних 4) Улаштування під покриття підлоги основи із деревностружкових плит 5) Улаштування покриттів з ламінату на шумогідроізоляційній прокладці 	<p>Реставрація фасаду:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Піскоструменеве очищення 100% площі та промивання розчином карбонату натрію 2) Очищення поверхонь конструкцій за допомогою гідроструминного апарата 3) Відновлення бетонних і залізобетонних конструкцій у місцях руйнування методом наформування полімерцементного розчину 4) Промивання 3% розчином хлоридної кислоти 5) Промивання 4% розчином гідроксиду натрію NaOH 6) Промивання розчином Ceresit CE 51, розведеним на 30% із водою 7) Реставрація мурувальних швів шпаклівкою Ceresit CE 40 8) Реставрація цегли 9) Реставрація штукатурки наскрізного арочного проходу та архітектурних деталей 10) Грунтування складних фасадів під фарбування перхлорвініловими фарбами 11) Фарбування фарбою Ceresit CT 54 12) Ремонт штукатурки цоколю 13) Демонтаж існуючих огорожень балконів 14) Монтаж металевих огорожень балконів 15) Мурування зовнішніх стін та шпаклювання

Продовження таблиці 4.8.

2	<p>Монтажні роботи:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Очищення внутрішніх та зовнішніх стін піскоструменевим апаратом 2) Армування кладки стін та інших конструкцій 3) Поліпшене штукатурення поверхонь стін 4) Посилення стін металевим каркасом 5) Грунтування та фарбування металевих поверхонь 6) Монтаж перекриттів із залізобетонних плит 7) Улаштування поясів 8) Посилення фундаментів монолітними залізобетонними Обоймами 9) Монтаж прогонів та балок 7) Укладання перемичок 8) Улаштування монолітної ділянки 9) утеплення перекриттів 10) Улаштування залізобетонних підпірних стін 11) Грунтування та фарбування стін 12) Ремонт та заповнення неактивних тріщин 13) Установлення закладних деталей 14) Улаштування стяжок самовирівнювальних 15) Улаштування покриттів з керамічних плиток 	<p>Стіни:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Відбивання штукатурки по цеглі та бетону зі стін 2) Демонтаж дверних блоків 3) Демонтаж віконних блоків 4) Демонтаж балконних блоків 5) Демонтаж облицювання стін (керамічна плитка,) 6) Демонтаж обшивки стін гіпсокартонними плитами [фальшстіни] по металевому каркасу 7) Демонтаж перегородок збірно-розбірних з алюмінієвих сплавів зі склінням 8) Демонтаж вимикачів 9) Демонтаж розеток 10) <u>Монтаж металопластикових віконних блоків + гарнітура</u> 11) Улаштування обшивки укосів гіпсокартонними листами 12) Шпаклювання стін мінеральною шпаклівкою "Cerezit" 13) Фарбування полівінілацетатними водоемульсійними сумішами 14) Протравлення стін кварц-грунтом 15) Поліпшене штукатурення стін по сітці 16) Грунтування стін 17) Улаштування вертикальної гідроізоляції Ceresit CR 65 18) Облицювання поверхонь стін керамічними плитками 19) Прокладання проводів 	<p>Мережі каналізації:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Розробка ґрунту вручну в траншеях 2) Розробка ґрунту в траншеях та котлованах екскаваторами 3) Ущільнення ґрунту 4) Улаштування піщаної основи під трубопроводи 5) Демонтаж та улаштування колодязів круглих водопровідних та контрольних каналізаційних 6) Розбирання трубопроводів каналізації із чавунних труб діаметром 100 мм 7) Улаштування трубопроводів каналізації з поліетиленових труб 8) проведення гідравлічних випробувань
---	--	---	---

Продовження таблиці 4.8.

		<p>при схованій проводці в борознах</p> <p>20) Монтаж вимикачів</p> <p>21) Монтаж розеток</p> <p>22) Фарбування олійними сумішами радіаторів</p> <p>23) Обклеювання шпалерами</p> <p>24) Монтаж дверних блоків +гарнітура</p> <p>25) Монтаж болконних блоків +гарнітура</p> <p>26) Улаштування перегородок з газобетонних блоків</p> <p>27) Забивання тріщин у стінах ремонтним розчином</p> <p>28) Улаштування обшивки стін гіпсокартонними плитами [фальштіни] по металевому каркасу</p> <p>29) Монтаж перегородок збірно-розбірних з алюмінієвих сплавів зі склінням</p> <p>30) Опорядження стін пластиковими панелями</p> <p>31) Мурування зовнішніх стін з газобетонних блоків</p> <p>32) Пробивання гнізд у цегляних стінах</p>	
3	<p>Улаштування вікон:</p> <p>1) Демонтаж пошкоджених віконних блоків</p> <p>2) Знімання зашкелених віконних рам</p> <p>3) Демонтаж пластикових підвіконних дошок</p> <p>4) Демонтаж віконних зливів</p> <p>5) Демонтаж віконних відкосів</p>	<p>Стеля:</p> <p>1) Відбивання штукатурки по цеглі та бетону зі стель</p> <p>2) Демонтаж світильників</p> <p>3) (Демонтаж) підшивки горизонтальних поверхонь підвісних стель, натяжних гіпсокартонних, пластикових, системи «арстронг» + каркас</p>	<p>Благоустрій території:</p> <p>1) Розбирання асфальтобетонних покриттів</p> <p>2) Розбирання щелебневих основ</p> <p>3) Демонтаж тротуарів із бетонних плит із заповненням швів цементним розчином</p> <p>4) Розбирання бортових</p>

Продовження таблиці 4.8.

	<p>6) Улаштування віконних блоків з металопластику</p> <p>7) улаштування пластикових підвіконних дошок</p> <p>8) улаштування віконних зливів</p> <p>9) Улаштування віконних відкосів з гіпсокартону</p> <p>10) Шпаклювання відкосів</p> <p>11) Фарбування віконних відкосів</p>	<p>4) Монтаж світильників</p> <p>5) Грунтування поверхонь</p> <p>6) Розшивання швів між плитами</p> <p>7) Забивання борозен в бетонних стелях</p> <p>8) Шпаклювання <u>стель</u> мінеральною шпаклівкою</p> <p>9) Улаштування натяжних стель</p> <p>10) Улаштування підвісних стель типу "Армстронг"</p> <p>11) Монтаж підвісних стель з пластику, гіпсокартону (+ каркас)</p> <p>12) Протравлення стелі нейтралізуючим розчином</p>	<p>каменів та водовідвідних лотків</p> <p>5) Навантаження сміття екскаваторами на автомобілі-самоскиди</p> <p>6) Улаштування підстильних та вирівнювальних шарів основи з піщано-гравійної суміші</p> <p>7) Улаштування покриття з гарячих асфальтобетонних сумішей асфальтоукладальником</p> <p>8) Улаштування бортових каменів та водовідвідних лотків</p> <p>9) Улаштування покриттів з дрібнорозмірних фігурних елементів мощення</p> <p>10) Улаштування малих архітектурних форм</p> <p>11) Улаштування огорож для клумб</p> <p>12) Посів газонів партерних, мавританських та звичайних</p> <p>13) Садіння дерев та кущів з круглою грудкою землі</p> <p>14) Монтаж площадки підіймальної з пультом керування для маломобільних груп населення</p> <p>15) Улаштування піндусів та сходин</p> <p>16) Облицювання сходових гранітними плитами</p> <p>17) Установлення металевих огорож без поручня</p>
--	---	--	---

Продовження таблиці 4.8.

4	<p>Двері:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Демонтаж пошкоджених металевих дверних блоків 2) Демонтаж дверних відкосів 3) Улаштування металевих дверних блоків 4) Штукатурення плоских поверхонь дверних укосів 5) Шпаклювання дверних відкосів 6) Фарбування дверних відкосів 		
5	<p>Під'їзди:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Ін'єктування тріщин, швів і порожнин у кам'яних конструкціях полімерними композиціями 2) Очищення поверхонь стін та стелі від вапняної фарби 3) Поліпшене штукатурення стін та стелі по сітці 4) Шпаклювання стін та стелі мінеральною шпаклівкою 5) Поліпшене фарбування полівінілацетатними водоемульсійними сумішами стін та стелі 6) Очищення поверхонь конструкцій (східців, підступеньків) за допомогою гідроструминного апарата 7) Шпаклювання поверхні сходців, підступеньків мінеральною шпаклівкою 8) Розчищення поручнів 9) Фарбування олійними сумішами раніше пофарбованих дерев'яних поручнів 		

Продовження таблиці 4.8.

6	<p>Ганок та покрівля:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Улаштування залізобетонних ганків 2) Улаштування покриттів з керамічних плиток 3) Розбирання покриттів покрівлі з хвилястих азбестоцементних листів 4) Розбирання лат з брусків з прозорами 5) Демонтаж дерев'яного настилу 6) Демонтаж з листової сталі примикань 7) Розбирання слухових вікон 8) Розбирання водостічних труб з листової сталі 9) Улаштування лат з прозорами із дощок і брусків під покрівлю з листової сталі 10) Улаштування контробрешітки із дерев'яних брусків 50x50мм 11) Улаштування гідробар'єра 12) Монтаж покрівельного покриття з профільованого листа 13) Улаштування єндови 14) Улаштування конькової планки 15) Улаштування слухових вікон 16) Огородження покрівель перилами 17) Нанесення механізованим способом в один шар покриття з вогнезахисного матеріалу "АЛАН" на горизонтальні і вертикальні поверхні дерев'яних конструкцій 18) Монтаж системи блискавкозахисту 		
---	---	--	--

Продовження таблиці 4.8.

7	<p>Вентиляційні шахти:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Улаштування обшивки вентшахт гіпсокартонними листами з улаштуванням металевого каркасу 2) Заповнення каркасів стін мінераловатними плитами 3) Облицювання каркасів вентшахт плитами OSB 4) Облицювання вентшахт сталевих профільованим листом із полімерним покриттям 		
8	<p>Фасад:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Виготовлення архітектурно-ліпного декору шляхом виливки відсутніх фрагментів 2) Кріплення накладних декоративних деталей 3) Очищення поверхонь конструкцій за допомогою гідроструминного апарата 4) Промивання 3-відсотковим розчином хлоридної кислоти з наступним промиванням 4% розчином гідроксиду натрію NaOH 5) Покриття плитки гідрофобізатором 6) Встановлення зруйнованої або відсутньої плитки 		
9	<p>Балкони:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Демонтаж зовнішньої та внутрішньої обшивки з пластику, профлиста або дерева 2) Демонтаж світильників 3) Демонтаж опорядження стель, стін та підлоги 4) Демонтаж цементно-пісчаної стяжки підлоги 5) Відновлення бетонних і залізобетонних конструкцій 		

Продовження таблиці 4.8.

	<p>у місцях руйнування методом наформування полімерцементного розчину</p> <p>6) Установлення металевих огорож балконів</p> <p>7) Улаштування цементно-пісчаної стяжки підлоги</p> <p>8) Улаштування покриттів з керамічних плиток</p>		
10	<p>Інженерні мережі:</p> <p>1) Демонтаж труб водопостачання холодного та гарячого</p> <p>2) Прокладання трубопроводів водопостачання Х та Г</p> <p>3) Встановлення муфтових водорозбірних кранів</p> <p>4) Ізоляція трубопроводів</p> <p>5) Установлення унітазів, ванн купальних, змішувачів, умивальників мийок та ревізійних люків</p> <p>6) Установлення опалювальних радіаторів сталевих з запірними кранами</p> <p>7) Демонтаж схованої електропроводки</p> <p>8) Демонтаж розподільних щитів</p> <p>9) Монтаж електропроводки</p> <p>10) Штробування стін</p> <p>11) Монтаж розподільних щитів з улаштуванням автоматів</p> <p>12) Улаштування вимикачів, лічильників, розеток та приладів освітлення</p> <p>13) Проведення пуско-налагоджувальних робіт</p>		

При визначенні надійності та його ефективності розробленої математичної моделі організаційно-технологічних рішень на підґрунті

інтегрованого управління будівельними процесами був розроблений інтерфейс програмного продукту за допомогою Kotlin.

Kotlin — це сучасна мова програмування з статичною типізацією, яка працює на віртуальній машині Java (JVM) і може бути скомпільована в JavaScript або нативний код для різних платформ. Для відображення інтерфейсу у Kotlin був вставлений код із рішенням нашої задачі за допомогою C++.

Використовуючи Kotlin можемо говорити про його цікавий інтерфейс, що є важливим інструментом для реалізації програмного коду. Беручи до уваги, застосування програмного коду на C++ в Kotlin було використано Java Native Interface (JNI) для взв'язку з Kotlin та нативним програмним кодом на C++. Для більш детального розуміння, роботи програмного продукту і його використання на платформі Kotlin, маємо основні аспекти, такі як:

1. Щоб створити інтерфейс необхідно його оголосити і тоді він буде застосовувати функції з нативного програмного коду та матиме вигляд:

```
interface NativeInterface {
    fun nativeFunction(param: Int): String}
```

2. Для реалізації застосування інтерфейсу у Kotlin розробляється клас для бачення інтерфейсу і викликаються нативні методи за допомогою JNI:

```
class NativeInterfaceImpl : NativeInterface {
    init {
        // Завантаження бібліотеки, що містить нативний код
        System.loadLibrary("native-lib")
    }
    external override fun nativeFunction(param: Int): String}
```

3. Щоб оголосити нативні методи через Kotlin застосовуються функції, які будуть викликатися з C++:

```
#include <jni.h>
#include <string>
extern "C"
JNIEXPORT jstring JNICALL
Java_com_example_NativeInterfaceImpl_nativeFunction(JNIEnv* env, jobject, jint param) {
    std::string result = "Result from C++ with param: " + std::to_string(param);
    return env->NewStringUTF(result.c_str());}

```

4. Щоб використовувати інтерфейс для свого програмного коду в Kotlin необхідно створювати об'єкти класу з C++:

```
fun main() {    val nativeInterface: NativeInterface = NativeInterfaceImpl()
    val result = nativeInterface.nativeFunction(42)
    println(result) // Виведе: "Result from C++ with param: 42"}

```

Інтерфейс у Kotlin – це оголошення методів без їх реалізації за допомогою програмного коду C++. Головне слово `external`: застосовується у Kotlin для зазначення функцій, реалізованих за межами JVM, на основі C/C++.

JNI: Java Native Interface дає можливість JVM взаємодіяти з нативним програмним кодом на C++, викликати функції, які написані на C++. Завантаження бібліотеки відбувається за допомогою System.loadLibrary, тоді завантажується нативна бібліотека з Kotlin, що містить реалізацію функцій на C++. Взаємодія з нативним програмним кодом у Kotlin з модифікацією external та оголошенням функції nativeFunction взаємопов'язує вхідні дані з відповідною реалізацією програмного коду у C++.

Отже, інтерфейс у Kotlin може використовувати програмний код, написаний на мові програмування C++, завдяки нативному коду, який дає можливість розширити можливості продуктивності та ефективності доступу до специфічних функцій мови програмування C++ та відображення їх за допомогою інтерфейса у Kotlin.

Постановка задачі: Нехай є процес (PP₁), де планується підприємством мінімізація (min) вартості витрат (W) та оптимальне їх розподілення по об'єкту в 3 черги. Є вимоги: ресурси (V) та тривалість (T). Враховуючи військовий стан в країні є зовнішнє середовище – фактори (H), які впливають на значення

вимог по об'єкту. Існують ризики (R), компроміси (K) та пріоритетність (P) процесу, які необхідно знайти. Потрібно отримати надійність процесу з урахуванням ризику, компромісів та пріоритетності та чи буде виконаний даний процес під впливом факторів.

Представимо її у математичному вигляді та візьмемо початкові значення:

$$\begin{cases} 60x_1 + 50x_2 + 50x_3 \geq 160 \\ 13x_1 + 12x_2 + 11,5x_3 \geq 36,5 \\ 0,06x_1 + 0,15x_2 + 1,5x_3 \geq 2,91 \end{cases}$$

$$F(x) = (88436,06x_1 + 34893,62x_2 + 94,77x_3) \rightarrow \min$$

За допомогою Kotlin ведемо наші вхідні дані із постановки задачі, що буде представлено на рис. 4.6.

ОБ'ЄКТ			
	I Черга	II Черга	III Черга
Ресурси	60	50	50
Тривалість	13	12	11,5
Фактори	0,06	0,15	1,5
Вартісні Показники	88436,06	34893,62	94,77

Рисунок 4.6. –Інтерфейс загального виду постановки задачі у Kotlin

Далі у самому Kotlin міститься код який розрахує наші значення під впливом ризику (R), де R=1,71.

ОБ'ЄКТ			
	I Черга	II Черга	III Черга
Ресурси	102,6	85,5	85,5
Тривалість	22,23	20,52	19,66
Фактори	0,10	0,25	2,56
Вартісні Показники	151225,6	59668,09	162,05

Рисунок 4.7. – Інтерфейс отриманого значення задачі під впливом ризику

Як бачимо дані розрахунки у програмному продукті збігаються із нашими – математичними.

Після цього етапу за допомогою коду на мові програмування C++, який ми додали у Kotlin, отримуємо наші вихідні значення щодо мінімізації функції та знаходження коренів.

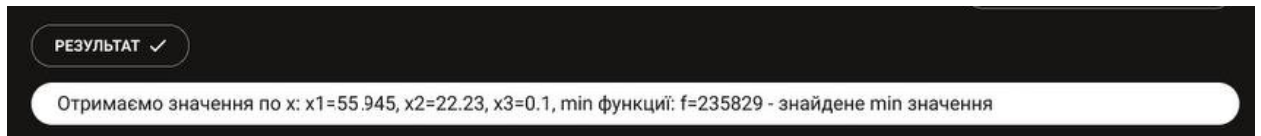


Рисунок 4.8. – Інтерфейс вихідних даних

	I Черга	II Черга	III Черга
Ресурси	60	50	50
Тривалість	13	12	11,5
Фактори	0,06	0,15	1,5
Вартісні Показники	88436,06	34893,62	94,77

	I Черга	II Черга	III Черга
Ресурси	102,6	85,5	85,5
Тривалість	22,23	20,52	19,66
Фактори	0,10	0,25	2,56
Вартісні Показники	151225,6	59668,09	162,05

Рисунок 4.9. – Загальний вид інтерфейсу програмного продукту у Kotlin

Отже, отримавши наше оптимальне рішення маємо загальну вартість по об'єкту в 3 черги:

$$f(x) = 235829 \cdot 1000000 = 235829000,00$$



Рисунок 4.10. – Будинок на пр. Соборному 151 після прямого потраплення боєприпасів в м. Запоріжжі



Рисунок 4.11. – Реставрація житлового будинку по пр. Соборному №151 з відновленням несучих конструкцій після потраплення боєприпасів в м. Запоріжжі



Рисунок 4.11. - Перспективне зображення будинку по пр. Соборному №151 з проспекту

У даній задачі підприємство стикається із завданням мінімізації витрат (W) та оптимального їх розподілу по 1 об'єкту в 3 черги. Для цього необхідно врахувати ресурси (V) та тривалість (T) кожного етапу. В умовах військового стану важливу роль відіграють зовнішні фактори (H), які можуть впливати на значення вимог по об'єкту. В процесі аналізу також потрібно розглянути ризики (R), компроміси (K) та пріоритетність (P) процесу. Отримані результати показують:

$$f(x) = 235829 \cdot 1000000 = 235829000,00$$

На основі цих результатів можна зробити такі висновки:

1. Для оптимізації витрат на підприємстві необхідно їх мінімізувати. Виходячи з комплексного рішення задачі в нашому випадку підприємство їх мінімізує до 235829000,00 мільйонів гривень і тоді вже зможе оптимально їх розподілити по трьом чергам.

2. Значення ресурсів становить: $x_1 = 55,945$; значення тривалості становить: $x_2 = 22,23$. Для реалізації успішності завершення етапу кожної черги нам необхідно використовувати саме таку кількість ресурсів та тривалість робіт.

3. Вплив зовнішніх факторів: $x_3 = 0,1$. Для коригування своїх вимог щодо об'єкту та забезпечення виконання процесу, підприємство повинно враховувати фактори (H) зовнішнього середовища, такі як військовий стан.

4. Ризики, компроміси та пріоритети – дозволяють підвищити надійність проекту, що включає оцінку потенційних загроз та розробку стратегій для їх мінімізації.

Із рішення задачі методом пріоритетів випливає, що найкращою альтернативою є I черга об'єкта, вона має найбільший глобальний пріоритет.

Отже, з урахуванням вищезазначених факторів, ризику, досягнення пріоритетності та компромісів, підприємство зможе досягти оптимального розподілу витрат та забезпечити надійність виконання процесу.

Висновки до розділу 4

Практика показує, щоб виконати вимоги інвесторів, будівельні компанії повинні прагнути збільшення капіталізації. У світлі такого підходу виникає питання про економічні показники, які повинні враховувати різні аспекти, наприклад, не тільки прибуток поточного періоду, а й майбутніх, величину витрат на використання капіталу з урахуванням ризиків і т. д. Також важливо враховувати при використанні того чи іншого показника, співвідношення «витрати – результати», які комплекс дозволяв оцінити прибутковість окремих стратегій, сфер діяльності підрозділів, і компанії загалом.

Як показує практика, використання елементів інтегрованого управління за реалізацією проектів найбільший економічний ефект спостерігається при значних обсягах будівництва (великий об'єкт або програма з кількома об'єктами) та інжиніринговою схемою управління будівництвом.

Апробація положень дисертації показала ефективність їх застосування та свідчить про наукову та практичну спроможність, обґрунтованість та достовірність результатів дослідження, що виносяться на захист. Запропоновано методичні розробки, що сприяють:

- 1) раціонально використати обмежені ресурси;
- 2) орієнтувати їх на досягнення стратегічних цілей;
- 3) сприяти зниженню вартості та тривалості будівництва.

Розроблено: модель контролю організації будівництва, яка є основним елементом нормативної складової корпоративної системи управління, а також метод та модель оперативного та стратегічного управління організацією будівництва.

Дане дослідження може бути продовжене за такими напрямками (темами):

– удосконалення організаційних форм та схем управління інвестиційно-будівельною діяльністю на рівнях ієрархії;

- інформаційно-аналітичне забезпечення системи інтегрованого управління у будівництві;
- оцінка стратегічного потенціалу будівельної організації та інвестиційного проекту.

ВИСНОВКИ

На основі проведених досліджень, які були представлені у дисертації, було сформульовано та науково обґрунтовано рекомендації. Цей комплекс можна розглядати як теоретичні узагальнення та розв'язання проблем, що стосуються розвитку програм у будівельній галузі за допомогою математичного інструментарію.

1. Поточний стан будівельної галузі в Україні вимагає аналізу як зарубіжних, так і вітчизняних наукових досліджень для визначення оптимальних організаційно-технологічних рішень для управління будівельними процесами. Напрямок дослідження обумовлений необхідністю значного покращення механізму вибору організаційно-технологічних рішень на основі інтегрованого управління будівельними процесами.
2. Доведено доцільність проведення оцінки і подальшого удосконалення системи інтегрованого управління будівельними процесами, що є важливим етапом для забезпечення успішності будівельних проєктів, забезпечення ефективного використання ресурсів та досягнення поставлених цілей в часових та бюджетних рамках. Це включає аналіз різноманітних аспектів управління в будівельній сфері, таких як планування, координація, контроль та звітність. Оцінка може охоплювати ефективність використання ресурсів, відповідність процесів стандартам якості, надійності та безпеки, а також здатність системи адаптуватися до змінних умов ринку та технологічного прогресу з урахуванням ризиків.
3. Сформульовано теоретико-методологічне та аналітичне підґрунтя організаційно-технологічного моделювання інтегрованого управління забезпечення надійності будівельного проєкту, що передбачає вирішення завдання з системного та порівняльного аналізу, за допомогою якісних та кількісних методів оцінки впливу факторів на

- організаційно-технологічні рішення управління будівельними процесами.
4. Розробка математичного інструментарію для визначення оптимальності організаційно-технологічних рішень на підґрунті інтегрованого управління будівельними процесами передбачає створення моделей та алгоритмів, які дозволять систематично аналізувати та порівнювати різні варіанти рішень з метою визначення найбільш оптимального. Цей математичний інструментарій включає в себе методи оптимізації, математичне моделювання, теорію прийняття рішень. Він дозволяє врахувати різноманітні фактори, такі як вартість, час, ресурси, технічні обмеження та інші критерії, для прийняття обґрунтованих управлінських рішень у будівельній сфері. Отже, розробка такого математичного інструментарію є важливим кроком у покращенні управління будівельними процесами, що дозволяє ефективно вирішувати складні завдання планування та управління будівельними проєктами.
 5. Розробка механізму вибору організаційно-технологічних рішень на підґрунті інтегрованого управління будівельними процесами – використовуючи факторний аналіз знаходження ризику на основі адитивної моделі, що враховує компроміси та їх математичну інтерпретацію; визначення пріоритетності процесу використовуючи платформу метода Сааті.
 6. Розробка алгоритму інтегрованого управління надійності організації будівельних процесів, основою слугує модель системи інтегрованого управління надійності, передбачає створення системи, що об'єднує різні аспекти управління (такі як планування, контроль, координація, аналіз ризиків тощо) в єдину комплексну модель. Ця модель має забезпечує систематичний підхід до управління процесами, а також враховує потреби та вимоги конкретного будівельного проєкту. Основою для розробки такого алгоритму слугує модель системи інтегрованого

управління надійності, яка враховує різні аспекти, такі як технічні характеристики конструкцій, технології будівництва, людські ресурси, фінансові обмеження та інші. Ця модель дозволить системі управління ефективно впоратися з різноманітними викликами та ризиками, які можуть виникнути під час будівництва.

7. Виконано формалізацію процесу математичного розв'язання задачі функціонування системи інтегрованого управління будівельних процесів з урахуванням впливу ризиків будівельної галузі із використання програмного продукту C++.
8. Достовірність теоретичних результатів дисертаційного дослідження підтверджено їх ефективним застосуванням в рамках відповідних методик підприємствами будівельної галузі (ПП «АЛСТЕП» (м. Запоріжжя); ТОВ «ЗАПОРІЖБУДГРУП», (м. Запоріжжя), ТОВ «ПІ ЗПБП» (м. Запоріжжя).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Bugrov, O.V. & Bugrova, O.O. (2015). Value management in turnkey projects. *Management of Development of Complex Systems*, 22 (1). 26-32. [dx.doi.org\10.13140/RG.2.1.4703.4324](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4703.4324)
2. Barabash, M.S. & Koba, S.D. (2004). New concept of automation of construction project design on the basis of information model. *Construction of Ukraine*, 5, 41-34.
3. Database optimization using genetic algorithms for distributed / Aponsoa G. C. A. L. and other. *DatabasesInternational Journal of Computer*. 2017. Vol. 24, № 1. P. 23–27.
4. Digital Capital Projects. Web-site: Deloitte.com URL:<https://www2.deloitte.com/kz/ru/pages/energy-andresources/articles/digital-capital-projects.html> (дата звернення: 12.09.2023).
5. Development of a mathematical model for selection and rationale for making optimal construction decisions / I. Arutiunian and other. *Advances in Mathematics: Scientific Journal*. 2020. Vol. 9, № 12, P. 10649-10659.
6. Elvin G., *Integrated practice in architecture: mastering design-build, fast-track, and building information modeling*, John Wiley & Sons Inc, New York 2007.
7. Herr, C.M. and Fischer T., 2019. BIM adoption across the Chinese AEC industries: An extended BIM adoption model. *Journal of Computational Design and Engineering*, 6(2). Date Views 5.04.2020 doi.org/10.1016/j.jcde.2018.06.001.
8. ICC Model Turnkey Contract for Major Projects (2014). Kyiv: Association “ZED”, 184.
9. *Integrated project delivery: a guide*. 2007). AIA, 62.
10. Kozlovska M., Sabol L., *Building projects risks decreasing through sophistic tools, [in:] Quality, environment, health protection and safety management development trends. – Neum, Bosna a Hercegovina: Tribun EU, 2008. – P. 160–165.*

11. Nikolayev, V.P. & Nikolayeva, T.V. (2014). Modern system of knowledge on economics and management of construction project. *Construction Production*, 56. 89-92. [in Ukrainian]
12. Nikolayev, V.P. & Nikolayeva, T.V. (2015). Building information modeling: imperatives for optimization of construction & maintenance process. *Construction Production*, 59. 16-24. [in Ukrainian]
13. McIntosh G., Sloan B., The potential impact of electronic procurement and global sourcing within the UK construction industry, [in:] ARCOM 17th Annual Conference, ed. by Akintoye, A, vol. 1, University of Salford, UK, September 2001. – P. 232–240.
14. Mesároš P., Mandičák T., Management of information flows in construction processes, IX. International Scientific Conference of Faculty of Civil Engineering IV. International PhD. Conference Young Scientist 2012 Faculty of Civil Engineering, proceeding on CD, May 23-25, 2012.
15. Project Delivery and Building Information Modeling, Integrated Project Delivery Frequently Asked Questions, AIA California council, 2006.
16. P2M (Project & Program Management for Enterprise Innovation) Guidebook (2008). Project Management Association of Japan.
17. Sahebjamnia N., Torabi S. A., Mansouri S. A. Building organizational resilience in the face of multiple disruptions. *International Journal of Production Economics*. 2018. № 197. P. 63–83.
18. Saieg P., Sotelino E. D., Nascimento D., Caiado R. G. G. Interactions of building information modeling, lean and sustainability on the architectural, engineering and construction industry: a systematic review. *Journal of cleaner production*. 2018. Vol. 174. P. 788–806.
19. Succar B.: Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18, 2009. – P. 357–375.
20. Smith R.E., Prefab Architecture a guide to modular design, John Wiley & Sons Inc, New Jersey 2010.

21. Shaw R. N., Basu D., Chowdhury S. A comparative study between non-iterative zero tolerance method with evolutionary algorithm method for economic load dispatch. *International Journal of Scientific & Engineering Research*. 2018. Vol. 9, № 4. P. 207–213.

22. The American Institute of Architects, Integrated Project Delivery: A Guide, The American Institute of Architects, AIA California Council, 2007.

23. Wix J., Improving information delivery, In Quipin Shen G., Brandon P., Baldwin A., Collaborative Construction Information Management, Spon Press, London 2009.

24. Анін В.І, Арутюнян І.А, Ічетовкін А. О. Науково-методологічний підхід інтеграції управління якістю в умовах ризиків будівельної галузі. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика* 19 (2021): 5-12. URL: <http://bttrp.diit.edu.ua/article/view/233726/232426>

25. Аксельрод Р. Б., Трач Р. В. Сучасні економіко-організаційні імперативи будівельного девелопменту в проектах адміністрування стратегічними змінами підприємств. *Управління розвитком складних систем*. 2022. Вип. 49. С. 90-96.

26. Бардиш К.О. Проектне фінансування. Київ: Хай-ТЕК Прес, 2008. 464 с.

27. Белєнкова О. Ю., Дубінін Д. В., Калашніков Д. П. Цифрова трансформація будівництва і девелопменту територій як імператив формування стратегій учасників будівельного процесу. *Містобудування та територіальне планування*. 2022. № 81. С. 13–22.

28. Бушуев С.Д., Бушуева Н.С. Управление проектами. Основы профессиональных знаний и система оценки компетентности проектных менеджеров. Київ.: ІРІДІУМ, 2006. 208 с.

29. Верхоглядова Н.І., Коваленко-Марченкова Є.В. Складові потенціалу будівельної галузі як основа його конкурентоспроможності. Причорноморські економічні студії. 2017. Вип. 15. С. 36–39.

30. Галінський О.М., Садовський В.І., Пресич О.М., Мурасьова О.В. Вдосконалення нормативної бази з питань організації будівництва. Сучасні

проблеми технічного регулювання у будівництві. Зб. праць, випуск 1. Київ : Міністерство освіти і науки України, КНУБіА. 2015. С 20-23.

31. Гончаренко Д. Ф., Карпенко Ю. В., Меерсдорф Е. И. Возведение многоэтажных каркасно-монолитных зданий: Киев : А+С, 2013. 128 с.

32. Григоровский П. Є. Методологічні основи формування організаційно-технологічних рішень інструментальних вимірювань при зведенні та експлуатації будівель і споруд : дис. д-ра техн. наук: спец. 05.23.08. Харків : ХТУБА, 2018. 503 с.

33. Григоровський П.Є Будівельно-інформаційні моделі та методи формування організаційно-технологічних рішень інструментальних вимірювань в будівництві: монографія. Київ: Майстер книг, 2019. 340 с.

34. Гоц Х.М. Використання сучасних технологій САПР для проектування енергоефективних будівель. Управління розвитком складних систем. Київ: КНУБА, 2012. №11. С. 100–106.

35. Гусаков А.А. Организационно-технологическая надежность строительства. SVP Apsys, 1994. 427 с.

36. ДБН А.3.1-5-2016. Організація будівельного виробництва. [Чинний від 2017–01–01]. Київ : Мінрегіон України, 2016. 49 с. (Державні будівельні норми України).

37. . ДБН В.2.2-9:2018. Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення. [Чинний від 2019-07-01]. Київ:Мінрегіонбуд України.2018. 40 с.

38. ДБН В.2.2-41:2019 Висотні будівлі. Основні положення.. [Чинний з 2020–01–01] / Франівський А., Максименко В., Григоровський П., Крошка Ю, Мурашова О. та ін. Київ : Мінрегіон України. 2019. 53 с. (Державні будівельні норми України).

39. ДБН В.2.2-24:2009. Висотні будівлі. Основні положення. [Чинний з 2009-08-01]. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. 105 с. (Державні будівельні норми України).

40. ДБН В.1.3-2:2010 Зміна № 1 Геодезичні роботи у будівництві. : [Чинний з 2018-06-01]. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 32 с. (Державні будівельні норми України).

41. ДСТУ А.3.1-22:2013 Визначення тривалості будівництва об'єктів. [Чинний з 2014-01-01]. К. : ДП «Укранархбудінформ», 2014. 30 с. (Національний стандарт України).

42. Дружинін А.В., Савченко О.І., Давиденко О.А., Братішко С.М. Інформаційне моделювання за технологією BIM та оцінка ефективності залишкового ресурсу об'єкта. Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель та споруд. Харків. Харківський національний університет будівництва та архітектури, 2019. С. 43–44.

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

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

45. Ісаєнко Д.В. Проактивна ризико-орієнтована методологія управління програмами створення та розвитку системи технічного регулювання у будівництві : дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.22. Київ: КНУБА, 2019. 360 с.

46. Ісаєнко Д.В. Базова модель побудови системи визначення нормативних вимог у будівництві. Містобудування та територіальне планування. Вип. 68. К.: КНУБА, 2018. С. 209-219.

47. Ісаєнко Д.В., Омеляненко М.В. Галузеві будівельні норми та їх місце в системі нормативної бази на основі параметричного метода. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. Вип. 39 у двох частинах. Частина 1. Технічний. Київ: КНУБА, 2019. С. 59-64.

48. Ichetovkin, A. A. Методика оцінки параметрів у механізмі вибору організаційно-технологічних рішень. *Наука та прогрес транспорту. Вісник*

Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту, 2021, 2 (92) 76-83

49. Ічетовкін А.О. Організація системи інтегрованого управління в будівельній галузі. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. Том 1 № 52 (2023). С.138- 146.

50. Ічетовкін А.О. Аналіз механізму вибору організаційно-технологічних рішень інтегрованого управління будівельними процесами. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*. 2023, 4(103)(2023). С.39-47.

51. Кавун В. А. Проектні ризики будівельних підприємств. *Ефективна економіка*. 2017. № 9. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5775>

52. Калініченко Л.Л., Сидорова Ю.Р. Аналіз тенденцій розвитку будівельної галузі та будівельної продукції України. *Молодий вчений*. 2017. Вип. 4.4 (44.4). С. 64–69 URL: <http://molodyvcheny.in.ua/files/journal/2017/4.4/15.pdf> (дата звернення: 12.09.2023).

53. Кістіон Д. В. Аналітичний базис забезпечення стабільності та розвитку підприємств підрядного будівництва. *Управління розвитком складних систем*. 2019. Вип. 39. С. 118–125.

54. Кирнос В.М., Поповиченко И.В. Принципы разработки модели комплексной количественной оценки размера производственного риска строительного проекта на стадии принятия инвестиционного решения. *Вісник ПДАБА*. Дніпро: ПДАБА, 2001. №12. С.28-33.

55. Концепція застосування будівельного інформаційного моделювання в управлінні вартістю життєвого циклу державних об'єктів. (Проект). Київ: НАДУ, 2019. 25с.

56. Концепція впровадження ВІМ – Будівельного Інформаційного Моделювання в Україні. Проект міжнародної технічної допомоги ЄС «Допомога організації влади України в удосконаленні менеджменту циклом інфраструктурного проекту» / Поддубни Андре, Афанасьєв Дмитро (НТУУ «КПІ») та інші.

57. Корзаченко М. М., Павленко В. В.. Конструктивні особливості малоповерхової забудови українського Полісся : монографія. Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2020. 304 с.

58. Кравчуновська Т. С. Розвиток наукових основ організаційно-технологічного проектування комплексної реконструкції житлової забудови : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук : спец. 05.23.08 «Технологія та організація промислового та цивільного будівництва». Дніпропетровськ : ДВНЗ ПГАСА, 2011. 33 с

59. Лагутін. Г.В. Алгоритм оцінки ефективності корпоратизації будівельних організацій у фінансово-будівельні групи. Теоретичні основи будівництва. Вип.10. Дніпропетровськ : ПДАБА, 2001.

60. Лисов І.В. Економічна концепція діяльності багатопрофільних будівельно-комерційних об'єднань Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. Вип.5. Київ: КНУБА, 1999. С.104-109.

61. Лівінский О. Менеджмент якості в будівництві та виробничі організаційні системи. Київ: Центр навчальної літератури, 2018. 230 с.

62. Мамонов К. А., Грицьков Є. В. Стан та напрями трансформацій будівельних підприємств на сучасному етапі економічних перетворень. Комунальне господарство міст. Сер. Економ. науки. 2018. № 143. С. 31–33.

63. Марченко О., Коляденко Р. Цифрова трансформація будівельного бізнесу: тенденції та перспективи. Цифрова економіка та економічна безпека. 2023. № 4(04). С. 20–26.

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

65. Менайлюк А.И., Дубельт Т.М., Менайлюк И.А. Инновации в строительстве и реконструкции. Київ: ТОВ НВП «Інтерсервіс», 2018. 650 с.

66. Менайлюк І. О., Нікіфоров О. Л. Варіантний розрахунок окупності будівництва за різних організаційних та фінансових умов. *Вісник*

Національного університету Львівська політехніка. Сер. Теорія і практика будівництва. 2019. Вип. 912. С. 125–131.

67. Модернізація економічного розвитку будівельних організацій : детермінанти моделі та пріоритети стратегії / О. М. Малихіна та ін. *Управління розвитком складних систем.* 2018. Вип. 34. С. 152–160.

68. Млодецкий В.Р. Адаптационные качества организационных структур управления. Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. Дніпропетровськ : ПДАБтаА, 2004. №12. С.29-35.

69. Мудрий І. Б. Перспективи використання технології інформаційного моделювання при розробці проектів організації будівництва. Науковий вісник будівництва. 2020. Т. 100, № 2. С. 132–137.

70. Мудрий І.Б. Порядок та реалізація принципів формування ефективного комплексу стрілових кранів. Управління розвитком складних систем. Київ: КНУБА, 2017. № 30. С. 156-162.

71. Надточій М. І., Дослідження впливу організаційно-технологічних чинників на нове будівництво надземної частини монолітнокаркасних багатоповерхових будівель в ущільнених умовах, дис. канд. техн. наук.: 05.23.08. Одеса, 2014. 139 с.

72. Нові технології в будівництві. ВІМ. Досвід та перспективи впровадження будівельних інформаційних технологій : тез. доп. 7 міжнародна наук.-техн. конф. (9–10 грудня 2019). Київ.: ДП «НДІБВ». 2019. 85 с.

73. Онищенко В.О. Управління проектами. Теорія і практика: модулі 1 – 4 / В.О. Онищенко, О.В. Редкін. Полтава : ПолтНТУ, 2008. 638 с.

74. Оптимізація строків і вартості інвестиційно-будівельних проектів шляхом деталізації складових життєвого циклу об'єктів з використанням інформаційного моделювання / М. О. Шебек та ін. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин.* 2019. Вип. 41. С. 54–62.

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

76. Організація будівництва. Сучасні форми і механізми організації та управління будівництвом об'єктів нафтогазового комплексу (в 2-х частинах) / О.В. Редкін, Л.Г. Щербінін, Д.М. Толкачов, В.Ф. Пенц, О.В. Нижник. Полтава : ПолтНТУ, 2013. 437 с.

77. Павлов, І.Д., & Радкевич А.В. (2003). Оптимальні моделі організації будівельного виробництва. Запоріжжя: ЗДІА.

78. Павлов, І. Д., Полтавець, М. О., & Павлов, Ф. І. (2018). Системологічне управління виробничими системами в будівництві. Наукові вісті Далівського університету (електронне наукове фахове видання), Сєверодонецьк, 14. URL: https://nvdu.000webhostapp.com/arxiv/2018_14/pdf/12.pdf.

79. Павлов І.Д., Пшегорлінська О.А. Технологія, організація та планування будівництва: навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної та заочної форм навчання. Запоріж. держ. інж. акад. Запоріжжя: ЗДІА, 2018. 186 с.

80. Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. Київ: Изд-во «Сталь», 2002. 600 с.

81. Пивоваров М. Г., Хижняк О. С. Організація капітального будівництва: недоліки і шляхи оптимізації витрат. Держава та регіони. Серія «Економіка та підприємництво». Запоріжжя, 2014. № 5 (80). С. 94-97.

82. Поколенко В. О., Лагутін Г. В., Тугай О. А., Куліков П. М., Борисова Н. О., Приходько Д. О., Чуприна Ю. А., Скакун В. А. Новітні інформаційно-аналітичні моделі управління підготовкою будівництва на засадах девелопменту. Управління розвитком складних систем : зб. наук. пр./ Київ. нац. ун-т буд-ва і архітектури. 2010. Вип. 1. С. 39-42

83. Поколенко В.О. Концептуальні основи інжинірингової системи управління великими інвестиційно-будівельними проектами. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. Вип.9. Київ: КНУБА, 2001. С.44-51.

84. Поліщук Є., Онікієнко С. Вплив ризиків на інвестиційний потенціал будівельної галузі. Проблеми і перспективи економіки та управління. 2021. № 4(24). С. 103–111.

85. Радкевич А.В., Павлов І.Д. Багатоцільові моделі організації капітального відновлення об'єктів: монографія . Дніпропетровськ, 2003. 225 с.

86. Радкевич А. В. Системотехнічні аспекти організаційно-технологічних рішень відновлення об'єктів транспортного комплексу : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : спец. 05.23.08 «Технологія та організація промислового та цивільного будівництва». Дніпропетровськ : ДВНЗ ПГАСА, 2006. 35 с.

87. Редкін О.В., Толкачов Д.М. Сучасна модель і стандарти інноваційно-інвестиційного розвитку та оновлення промислових підприємств, унікальних інженерних систем і об'єктів будівництва. Збірник наукових праць ПолтНТУ. Серія: галузеве машинобудування, будівництво. 2009. Вип. 2(24). С. 230 – 240.

88. Розвиток науково-методологічних та аналітичних підходів щодо вияву впливу екоінновацій на рівень організаційно-технологічної надійності будівництва / Д. О. Чернишев та ін. *Управління розвитком складних систем*. 2021. Вип. 47. С. 138–150.

89. Савенко В., Савенко С., Ключева В. Конкурентоспроможність будівельної організації — основа виживання економіки. Київ: Центр навчальної літератури, 2017. 128 с.

90. Савйовский В.В., Броневицкий А. П., Каржинерова Е. Г. Алгоритм анализа организационно-технологических решений восстановления стен при ревитализации промышленных зданий. Будівельне виробництво. 2017. № 62(1). С. 5-10.

91. Савйовський В. В. Методологічні принципи організаційно-технологічного проектування реконструкції цивільних будівель : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: спец. 05.23.08 «Технологія та

організація промислового та цивільного будівництва». Харків : ХДТУБА, 2010. 44 с.

92. Савйовський В. В. Методологические принципы организационно-технологического проектирования реконструкции гражданских зданий : дис. д-ра. техн. наук: 05.23.08. Харків, 2010. 366 с.

93. Свірідова С.С., Одуд К.С. Особливості інноваційних процесів будівельних підприємств. *ECONOMICS: time realities*. 2018. № 4 (38). С. 68–75.

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

95. Современные технологии в строительстве: учебник для студ.высш.учеб.заведен. / под ред. А.И. Меньлюка. Киев: Освіта України, 2010, 549 с.

96. Соколовська К.В., Касич А.О. Тенденції у розвитку підприємств будівельної галузі. *Економіка і суспільство*. 2022. № 41. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/download/1557/1498/> (дата звернення: 18.09.2023).

97. Ступнікер Г.Л., Зозуля Н.В. Особливості оцінювання результативності діяльності будівельного підприємства в контексті зростання його конкурентних переваг. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*. 2021. № 6(33) С. 176–180.

98. Сутність регулювання та методи державного регулювання інвестиційно-будівельної діяльності. URL: http://stud.com.ua/19015/ekonomika/regulyuvannya_investitsiyno_budivelnoyi_diyalnosti

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

100. Тарасюк В.Г., Белоконь О.Л. Параметричний метод нормування у будівництві. *Наука та будівництво*. Вип. 4(18). 2018. С. 13-17.

101. Теренчук С. А. Дослідження невизначеності в нормативній базі у будівництві. ScienceRise. 2019. № 7. С. 35-39. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/text_2019_7_8.
102. Тян Р.Б., Холод Б.І., Ткаченко В.А. Управління проектами. Київ: ЦНЛ, 2003. 224 с.
103. Техническое регулирование в строительстве. Аналитический обзор мирового опыта : Snip Innovative Technologies. Чикаго: SNIP, 2010. 889 с.
104. Толкачов Д.М. Прогресивні організаційні форми ефективного розвитку і функціонування підприємств й інших унікальних систем у сучасних умовах України та їх адаптація до світових стандартів. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. 2010. Вип. 37. С. 357 – 371.
105. Трач Р.В. Інформаційне моделювання в будівництві (BIM): сутність, етапи становлення та перспективи розвитку (КНУБА). Економіка та управління підприємством Миколаїв: МНУ ім. В.О. Сухомлинського, 2017. Вип. 16. С.490–496.
106. Тугай О.А., Борисова Н.О., Приходько Д.О. Новітні інформаційно-аналітичні моделі управління підготовкою будівництва на засадах девелопменту. Управління розвитком складних систем. Київ: КНУБА, 2010. Вип.1. С.39-42.
107. Ушацький С.А. Організація будівництва. Київ: Кондор, 2007. 521с.
108. Цифровізація будівельної галузі: переваги та виклики. Dedalsoft.com: веб-сайт. URL: <https://dedalsoft.com.ua/blog/tsifrovizatsiya-budivel-noigaluzi> (дата звернення: 20.09.2023).
109. Шумаков И. В. Теоретико-методологические принципы формирования организационно-технологических решений возведения подземных частей гражданских зданий : дис. д-ра техн. наук : спец. 05.23.08 «Технологія та організація промислового та цивільного будівництва». Харків : ХНУБА, 2015. 390 с.

110. Формування стратегії розвитку будівельного підприємства в умовах інвестиційної конкуренції : монографія / Л. Г. Ліпич, І. В. Чорнуха, І. О. Цимбалюк. Луцьк : Вежа-Друк, 2015. 211 с.

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

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ
ДИСЕРТАЦІЇ

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

1. Ichetovkin, A. A. Методика оцінки параметрів у механізмі вибору організаційно-технологічних рішень. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*, 2021, 2 (92) 76-83. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2021/229848>

2. Анін В.І, Арутюнян І.А, Ічетовкін А. О. Науково-методологічний підхід інтеграції управління якістю в умовах ризиків будівельної галузі. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика* 19 (2021): 5-12. URL: <http://bttpr.diit.edu.ua/article/view/233726/232426>. (Особистий внесок автора: проведено аналіз та узагальнення наукових досліджень, практичних підходів управління якістю, надійністю та ризиками будівельних проєктів, доведено застосування інтеграційного методу та методу ідентифікації процесів QM та RM, що дозволяє обґрунтувати можливість розроблення інтегрованого підходу та визначити принципи застосування інтегрованої моделі управління якістю та надійністю в умовах ризиків).

3. Ічетовкін А.О. Організація системи інтегрованого управління в будівельній галузі. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. Том 1 № 52 (2023). С.138- 146. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.52\(1\).138-](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.52(1).138-)

4. Ічетовкін А.О. Аналіз механізму вибору організаційно-технологічних рішень інтегрованого управління будівельними процесами. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*. 2023, 4(103)(2023). С.39-47. <https://doi.org/10.15802/stp2023/297519>

Праці апробаційного характеру:

5. Ічетовкін, А. О. Перспективи формування нових підходів управління будівельними процесами. V Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Управління розвитком соціально-економічних систем», Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка 26-30 квітня 2021 року. С.242-245.

6. Ічетовкін, А. О. Інтеграція QM та RM, як запорука підвищення ефективності підприємств будівельної галузі. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Стратегічні пріоритети розвитку підприємництва, торгівлі та біржової діяльності», Національного університету «Запорізька політехніка». (13-14 травня 2021 року) м. Запоріжжя. С. 126-129.

7. Анін В.І., Ічетовкін А. О. Принципи реалізації механізму вибору організаційно-технологічних рішень в умовах забезпечення якості та ефективності будівельних процесів. Міжнародна науково-практична конференція «Європейський вектор модернізації інженерної та економіко-управлінської освіти в умовах сталого розвитку промислового регіону», м. Запоріжжя (27-28 травня 2021). С. 172-175.

8. Ічетовкін, А. (2021). Передумови застосування інтегрованого підходу управління будівельними процесами. *ГРААЛЬ НАУКИ*, (10), 619-621. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science>. 19.11.2021.118

Акти впровадження:

ПП
"АЛСТЕП"ПРИВАТНЕ ПІДПРИЄМСТВО "АЛСТЕП"
Україна 69091, м.Запоріжжя, бул.Гвардійський,149/40
Тел.моб. +380676144771
E-mail: alstepcompany@ukr.net
Код ЄДРПОУ № 31831060№ 18/24 від 04.06.2024

ДОВІДКА

Компанією ПП «АЛСТЕП» були використані результати дисертаційного дослідження на тему «МЕХАНІЗМ ВИБОРУ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ НА ПІДґРУНТІ ІНТЕГРОВАНОГО УПРАВЛІННЯ БУДІВЕЛЬНИМИ ПРОЦЕСАМИ» здобувача Ічетовкіна А.О. Дисертант пропонує новаторський підхід до вирішення актуального науково-прикладного завдання, спрямованого на розробку механізму вибору організаційно-технологічних рішень для покращення управління будівельними процесами. Цей підхід базується на інтегрованому управлінні та створенні автоматизованого процесу модифікації критеріїв показників будівельних робіт, враховуючи мінливі умови вітчизняного ринку, що сприятиме підвищенню конкурентоспроможності підрядних підприємств.

Реалізація зазначеного підходу, передбачає механізм вибору організаційно-технологічних рішень, який буде базуватися на принципах інтегрованого управління та враховувати специфіку будівельних процесів. Результати дослідження дозволять оптимізувати організаційно-технологічні рішення, які мають мету вибору із можливих альтернатив варіанту, при якому з урахуванням певних умов та вимог до цільових показників надійності, безпеки та функціональності, забезпечується максимальне скорочення термінів виконання робіт при ефективному використанні матеріально-технічних ресурсів та отримання економічних результатів, таких як скорочення собівартості.

Застосування запропонованого інноваційного інструментарію дозволяє вирішувати поставлену проблему і слугує запорукою успішного рішення будівельних завдань.

Директор ПП «АЛСТЕП»



Олексій Степаніщев

ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
«ПРОЕКТНИЙ ІНСТИТУТ
“ЗАПОРІЗЬКИЙ
ПРОМБУДПРОЕКТ”
Код ЄДРПОУ № 37526987

Україна 69005, м. Запоріжжя, пр. Соборний, 158
Факс/тел. (061)220-56-37, тел. (061)233-14-28
E-mail: zpsp@ukr.net
Поточний рахунок
UA 563510050000026005537320600
в АТ «УКРСИББАНК», МФО 351005



ДСТУ EN ISO 9001 -2018
(EN ISO 9001-2015, IDT)
№ СУЯ.61-24



ДСТУ ISO/IEC 27001:2015
(ISO/IEC 27001:2013)
№ СУІВ.22-21

ZAPORIZHZHIA
PROMBUDPROEKT
DESIGN INSTITUTE
LIMITED LIABILITY
COMPANY

EDRPOU code №37526987
Soborny avn 158, Zaporizhzhia, Ukraine, 69005
Fax (061)220-56-37, tel. (061) 233-14-57,
E-mail: zpsp@ukr.net
Account
UA 563510050000026005537320600
UKRSIBBANK BNP Paribas Group
MFO 351005

ДОВІДКА

ТОВ «ПІ «ЗПБП» були розглянуті та впроваджені результати дисертаційного дослідження на тему «МЕХАНІЗМ ВИБОРУ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ НА ПІДҐРУНТІ ІНТЕГРОВАНОГО УПРАВЛІННЯ БУДІВЕЛЬНИМИ ПРОЦЕСАМИ» здобувача Ічетовкіна А.О. Автор дисертації пропонує інноваційний метод для вирішення важливої науково-прикладної задачі, яка полягає в розробці механізму вибору організаційно-технологічних рішень для оптимізації будівельного управління. Цей метод ґрунтується на інтегрованому підході до управління та впровадженні модифікації критеріїв для оцінки будівельних робіт з урахуванням динамічних умов національного ринку, враховуючи складні умови війни ризику виконання будівельних проєктів, термін та фінансову та інвестиційну підтримку, надійність та якість.

Реалізація зазначеного підходу, передбачає оптимальність рішень забезпечується на основі варіантного проектування і всебічного аналізу альтернатив. Основою оптимізаційного пошуку є розділення процесу проектування на етапи, що дає можливість аналізувати організаційно-технологічні зв'язки між окремими елементами і проводити порівняння етапних варіантів між собою, або з базисним (аналоговим) варіантом на кожному етапі. При цьому важливим, є визначення критеріїв оптимальності, які здебільшого є індивідуальними для кожного будівельного об'єкта.

Запропонована методика вибору організаційно-технологічних рішень на основі інтегрованого управління будівельними процесами дозволяє:

1. Структурувати інформацію про всі аспекти будівельних робіт.
2. Оцінювати та порівнювати різні організаційно-технологічні варіанти.

3. Враховувати такі чинники, як технічні можливості, вартість, терміни та якість.
4. Застосовувати системний підхід до управління будівельними проєктами.
5. Оптимізувати будівельні процеси та використання ресурсів.
6. Гарантувати високу якість будівельних робіт та своєчасне завершення проєктів.
7. Зменшувати ризики та мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище.

Застосування запропонованого інноваційного інструментарію дозволяє вирішувати поставлену проблему і слугує запорукою успішного рішення будівельних завдань.

Директор ТОВ «ПІ «ЗПБП»:



О.І. Лахтаренко



**ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
«ЗАПОРІЖБУДГРУП»**

69032, м. Запоріжжя, вул. Південне шосе, буд. 57, к.21
п/р UA 733348510000000026009205264 в АТ "ПУМБ"
ЄДРПОУ 43754663
Телефон +38(068)-717-86-03 Адреса електронної пошти: zbg_office@ukr.net

Вих. № 91 від «05» 06 2024р.

ДОВІДКА

Компанією ТОВ «ЗАПОРІЖБУДГРУП» були використані результати дисертаційного дослідження на тему «МЕХАНІЗМ ВИБОРУ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ НА ПІДГРУНТІ ІНТЕГРОВАНОГО УПРАВЛІННЯ БУДІВЕЛЬНИМИ ПРОЦЕСАМИ» здобувача Ічетовкіна А.О. В рамках вирішення актуального науково-прикладного завдання з вибору організаційно-технологічних рішень управління будівельними процесами на підґрунті розробленого комплексного підходу, який дозволяє підвищити ефективність та продуктивність будівельних робіт враховуючи пріоритетність будівельних об'єктів, супроводжуваних ризиків реального часу та якості і надійності виконання проекту. Цей механізм має забезпечити оптимальну координацію всіх етапів будівництва, від проектування до завершення об'єкта, інтегруючи різні аспекти управління, включаючи планування, контроль, моніторинг та аналіз.

Інтегроване управління будівельними процесами передбачає використання сучасних інформаційних технологій, що забезпечують збирання, обробку та аналіз даних в реальному часі. Завдяки цьому досягнена прозорості у веденні будівельних проектів, зменшити ризики помилок та оптимізувати використання ресурсів.

Запропонований механізм вибору організаційно-технологічних рішень сприятиме підвищенню конкурентоспроможності будівельних підприємств, зменшенню витрат часу та ресурсів, а також забезпеченню високої якості будівельних робіт. Інтеграція різних аспектів управління дозволить створити гнучкий та адаптивний математичний інструментарій, здатний ефективно реагувати на виклики сучасного будівельного ринку.

Впровадження наукового інструментарію здобувача Ічетовкіна А.О. дозволяє знайти оптимальне рішення з вибору організаційно-технологічних рішень на підґрунті інтегрованого управління будівельними процесами та реалізовувати результати на діючому підприємстві.

Директор
ТОВ «ЗАПОРІЖБУДГРУП»



Павло ЧОРНИЙ

УКРАЇНА
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

№ 0107-23/467 від 13.06.2024
вул. Жуковського, 66
м. Запоріжжя, МСП-41, 69600
тел. 764-45-46, факс 228-75-08
на № _____

Довідка

про впровадження результатів дисертаційної роботи аспіранта кафедри
промислового та цивільного будівництва
ІЧЕТОВКІНА АРТЕМА ОЛЕКСАНДРОВИЧА

Результати досліджень, викладені в дисертаційній роботі Ічетовкіна А.О. на тему «МЕХАНІЗМ ВИБОРУ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ НА ПІДґРУНТІ ІНТЕГРОВАНОГО УПРАВЛІННЯ БУДІВЕЛЬНИМИ ПРОЦЕСАМИ» впроваджені в навчальний процес, при проведенні практичних занять в Запорізькому національному університеті Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М. Потєбні на кафедрі промислового та цивільного будівництва для першого рівня вищої освіти (бакалавр) у дисциплінах «Технологія будівельного виробництва», «Технологія зведення спеціальних будівель і споруд» та на другому рівні вищої освіти (магістр) у дисципліні «Техніко-економічне обґрунтування проєктних рішень» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» за освітніми програмами «Промислове і цивільне будівництво».

Проректор з наукової роботи,

доктор історичних наук, професор



Геннадій Васильчук

Департамент з управління житлово-комунальним господарством Запорізької міської ради
(назва організації, що затверджує)

Затверджено (схвалено)

Зведений кошторисний розрахунок у сумі 235829,001 тис. грн.

В тому числі зворотних сум 0 тис. грн.

(посилання на документ про затвердження)

" " _____ 2023 р.

ЗВЕДЕНИЙ КОШТОРИСНИЙ РОЗРАХУНОК ВАРТОСТІ ОБ'ЄКТА БУДІВНИЦТВА №

Реставрація житлового будинку по пр.Соборний/вул.Сталеварів №151/11 з відновленням несучих конструкцій після потрапляння боєприпасів в м. Запоріжжя І черга

Складений за поточними цінами станом на 29 червня 2023 р.

№ Ч.ч	Номери кошторисів і кошторисних розрахунків	Найменування глав, будівель, споруд, лінійних об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури, робіт і витрат	Кошторисна вартість, тис.грн.			
			будівельних робіт	устаткування, меблів та інвентарю	інших витрат	загальна вартість
1	2	3	4	5	6	7
		Глава 2. Об'єкти основного призначення				
1	02-01	Демонтажні роботи 1 черга	886,103	-	-	886,103
2	02-02	Відновлення несучих конструкцій 1 черга	19314,619	-	-	19314,619
3	02-03	Сходові клитини 1 черга	4389,790	-	-	4389,790
4	02-04	Покрівля 1 черга	13076,166	-	-	13076,166
5	02-05	Реставрація фасаду 1 черга	32972,960	-	-	32972,960
6	02-06	Ремонт балконів 1 черга	4930,935	-	-	4930,935
7	02-07	Внутрішні інженерні мережі 1 черга	7986,953	-	-	7986,953
8	02-08	Електротехнічні рішення 1 черга	3462,645	-	-	3462,645
9	02-09	Ремонт пошкоджених квартир 2 черга	29503,878	-	-	29503,878
10	02-010	Ремонт нежитлових приміщень 2 черга	11488,223	-	-	11488,223
11	02-011	Реставрація фасаду 3 черга	25866,560	-	-	25866,560

1	2	3	4	5	6	7
		Разом по главі 2:	153878,832	-	-	153878,832
12	06-01	Глава 6. Зовнішні мережі та споруди водопостачання, водовідведення, тепlopостачання та газопостачання Зовнішні мережі каналізації 3 черга	1780,628	-	-	1780,628
		Разом по главі 6:	1780,628	-	-	1780,628
13	07-01	Глава 7. Благоустрій та озеленення території Благоустрій території 3 черга	17650,282	-	-	17650,282
14	07-02	Улаштування пандусів 3 черга	3961,080	-	-	3961,080
15	07-03	Цоколь та пандуси входів №1 - №7, 3 черга	2352,174	-	-	2352,174
		Разом по главі 7:	23963,536	-	-	23963,536
		Разом по главах 1-7:	179622,996	-	-	179622,996
		Разом по главах 1-8:	179622,996	-	-	179622,996
		Разом по главах 1-9:	179622,996	-	-	179622,996
16	Настанова [4.32]	Глава 10. Утримання служби замовника та інжинірингові послуги Кошти на утримання служби замовника (1 %)	-	-	1796,230	1796,230
17	Настанова [4.32]	Кошти на здійснення технічного нагляду (1,5 %) (1,5 %)	-	-	2694,345	2694,345
18	Розрахунок N П-106	Кошти на проведення процедури закупівлі	-	-	359,246	359,246
19	Розрахунок N П-107	Кошти на формування страхового фонду документації	-	-	107,774	107,774
20	Витрати на утілізацію сміття	Витрати на утілізацію сміття (0,38337 т x 300 грн. = 115,011 грн.)	-	-	115,011	115,011
		Разом по главі 10:	-	-	5072,606	5072,606
21	Настанова [4.34]	Глава 12. Проектні, вишукувальні роботи, експертиза та авторський нагляд Вартість проектних робіт з урахуванням вартості експертизи (у тому числі Єдиний податок-2%)	-	-	9698,998	9698,998
22	Настанова [4.35]	Кошти на здійснення авторського нагляду	-	-	18,163	18,163
		Разом по главі 12:	-	-	9717,161	9717,161
		Разом по главах 1-12:	179622,996	-	14789,767	194412,763
	Настанова [4.38]	Кошторисний прибуток (П)	2471,195	-	-	2471,195

1	2	3	4	5	6	7
	Настанова [4.39]	Кошти на покриття адміністративних витрат будівельних організацій (АВ)	-	-	1259,736	1259,736
		Разом	182094,191	-	16049,503	198143,694
	Настанова [4.43]	Податок на додану вартість	-	-	37685,307	37685,307
		Всього по зведеному кошторисному розрахунку	182094,191	-	53734,810	235829,001

Керівник проектної організації _____ А.О. Ічетовкін

Головний інженер проекту _____ А.А. Шувасєв
