

К.М. Мішук,

канд. техн. наук, доцент

ORCID: 0000-0001-5480-6032

В.А. Банах,

докт. техн. наук, професор

ORCID: 0000-0001-7681-6370

М.В. Красильников,

аспірант

ORCID: 0009-0009-5263-8376

Запорізький національний університет, м. Запоріжжя

ОПТИМІЗАЦІЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БУДІВНИЦТВА ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ

В статті наведено шляхи рішення з оптимізації організаційно-технологічних рішень будівництва цивільних будівель. В статті сформульована мета, описана методика дослідження. Оптимізація організаційних параметрів будівництва вимагає комплексного підходу, який буде містити впровадження сучасних технологій, ефективне управління ресурсами та постійне поліпшення технологічних процесів. Використання таких методів дозволяє не тільки підвищити продуктивність та якість робіт, але й скоротити витрати та витрати часу, водночас забезпечуючи вдале виконання будівельних об'єктів. Пошук та виокремлення факторів дозволив зробити їх систематизацію: вплив стисненості будмайданчика; фактори, що ускладнюють транспорт конструкцій; фактори, що ускладнюють укрупнювальне складання конструкцій; фактори, що ускладнюють монтаж конструкцій; фактори технології виконання робіт; фактори, що описують конструктивно-планувальне розв'язання будівель. Інша сіткова модель може включати варіанти завершення будівництва об'єкта. Використання різноманітних моделей забезпечує високу ефективність системи управління, що базується на організаційно-технологічних факторах. Однак великий об'єм початкової та поточної інформації потребує ретельної організації структури бази даних та інтенсивного застосування комп'ютерних технологій. Комп'ютеризація управлінського процесу на основі організаційно-технологічних факторів, а також процесів проектування, постачання, фінансування та інших потребує чіткої формалізації та створення інформаційної технології. Одним із можливих напрямів формалізації управлінських технологій є побудова економіко-математичних моделей, на основі яких формується система управління.

Ключові слова: *будівництво, організаційно-технологічні параметри, математичне моделювання, планування експерименту, обмеження, ресурси.*

Постановка проблеми. В усьому світі сучасні тенденції цивільного будівництва характеризуються впровадженням передових технологій та матеріалів, ускладненням виробничих процесів та збільшенням автоматизації управлінських систем. Подальший розвиток організаційно-технологічних рішень спрямований на інтенсифікацію за рахунок постійного вдосконалення параметрів будівництва на кожному етапі створення будівельної продукції. Це дозволяє

скоротити терміни зведення цивільних будівель, забезпечуючи високу якість робіт та ефективне розподілення і використання ресурсів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. В працях А.А. Гусакова, Е.К. Завадскас, Н.І. Ільїна, А.А. Лapidус, Р.В. Молодцекого, А.М. Нанасова, П.П. Олійник, І.Д. Павлова, В.О. Поколенка, А.В. Радкевича, Є.В. Скакуна, Р.Б. Тяна, О.А. Тугая, В.О. Чулкова, А.К. Шрейбер та інших дослідження направлені на аналіз та оптимізацію організаційно-технологічних рішень будівництва. Розгляд цих робіт дає змогу зробити висновок, що впровадження оптимізації організаційно-технологічних параметрів зведення цивільних будівель є ефективним способом моделювання для вирішення завдань. Проведений аналіз літературних джерел показав, що варіювання організаційно-технологічними параметрами враховуючи усі аспекти на обмеження, можна досягти широкого діапазону змін у вартості, строках будівництва, логістики, ресурсах.

Мета дослідження полягає в розробці методики оптимізації організаційно-технологічних параметрів будівництва цивільних будівель за допомогою математичного моделювання.

Методика. В роботі були використані методи аналізу та синтезу, узагальнення та класифікації, формалізації.

Виклад основного матеріалу.

Оптимізація організаційних параметрів у будівництві – це процес покращення управління ресурсами, тимчасовими та фінансовими витратами, а також підвищення ефективності роботи на будівельних майданчиках. Розглянемо основні аспекти та підходи до оптимізації організаційних параметрів у будівництві.

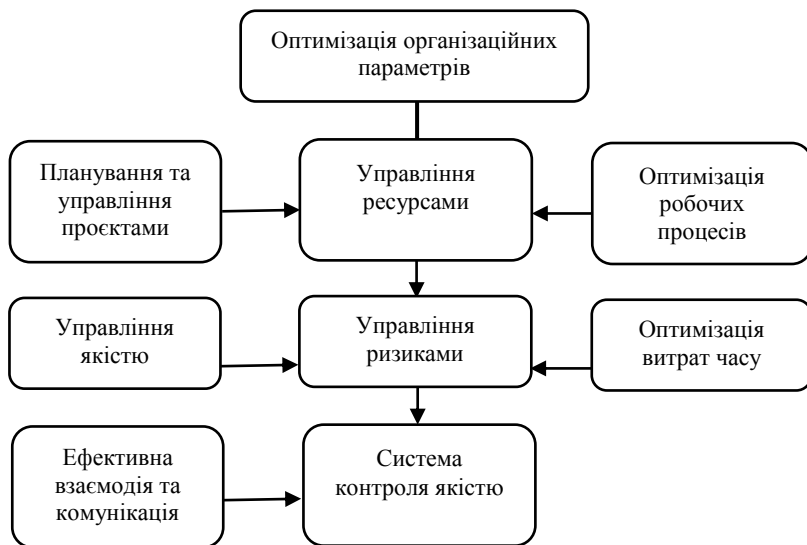


Рис. 1. Схема оптимізації організаційних параметрів

Кожен блок в схемі представлений вище, представляє ключовий елемент оптимізації організаційних параметрів будівництва:

- планування та управління проектами передбачає використання передових технологій, наприклад BIM та програмне забезпечення для управління проектами;
- управління ресурсами передбачає оптимізацію використання матеріалів, автоматизація та механізація процесів;
- оптимізація робочих процесів передбачає стандартизацію процесів та використання принципів Lean Construction;
- управління якістю передбачає використання систем контролю якості будівельної продукції, а також навчання та розвиток персоналу;
- управління ризиками передбачає ідентифікацію на оцінку ризиків, страхування та управління передбачуваними та непередбачуваними змінами;
- оптимізація витрат часу передбачає сітьове планування та дотримання календарних графіків робіт, використання інноваційних технологій зі швидкомонтуємим конструкцій будівель;
- ефективна взаємодія та комунікація передбачає використання цифрових платформ та систем зв'язку, регулярні наради та звітність.

Ця схема показує, як різні аспекти організаційної оптимізації працюють разом та взаємопов'язані для підвищення ефективності та якості будівельних проектів.

Організаційні та технологічні фактори можна представити за допомогою математичної моделі. Як результат, вибір способів технологічних та організаційних параметрів кожного виду робіт утворюють таку схему тривалості робіт, яка в перспективі корегує різні відхилення при зведенні будівель та збільшення витрат.

Для побудови математичної моделі необхідно чітко проаналізувати вихідні данні, виокремити обмеження, такі як постачання, фінансування та інші.

Багатофакторна залежність та необхідність виявити оптимальні показники впливу організаційно-технологічних параметрів зумовили необхідність побудови регресивної математичної моделі експерименту (табл. 1). В якості оцінюючих параметрів були прийняті вартість будівельних матеріалів, кошторисна вартість будівництва, вартість трудових ресурсів.

Отриману модель можна описати наступними виразами пошуку оптимальних значень по кожному параметру впливу:

$$\begin{aligned} Y1 &= 17405,29 + 5652,59X1 + 544,941X2 - 434X3 - 3228X4 + 5217,3X1X2 + \\ &+ 2044,6X1X3 - 2803X1X4 + 4336,8X2X3 + 3422X2X4 + 3531,9X3X4 \\ Y2 &= 23243,35 + 7427,59X1 + 1017,24X2 - 423,529X3 - 3946X4 + 6786,5X1X2 + \\ &+ 2806,1X1X3 - 4534X1X4 + 5094,2X2X3 + 4048,9X2X4 + 3450,4X3X4 \\ Y3 &= 4205 + 1221,71X1 + 353,353X2 + 57,5294X3 - 585,4X4 + 1142,6X1X2 + \\ &+ 346X1X3 - 699,8X1X4 + 882,47X2X3 + 835,47X2X4 + 824,76X3X4 \end{aligned}$$

Таблиця 1

Багатофакторна залежність визначення оптимальних показників впливу організаційно-технологічних параметрів на будівництво

| № | Значення фактору | | | | | | | | Значення параметрів оптимізації | | |
|----|-----------------------|----|----|----|------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| | У кодованих значеннях | | | | У натуральних значеннях | | | | | | |
| | X1 | X2 | X3 | X4 | Коеф. використання матеріальних ресурсів | Коеф. використання трудових ресурсів | Коеф. використання фінансових ресурсів | Коеф. використання часових ресурсів | Вартість буд. матеріалів грн/м ³ | Кошторисна вартість будівництва грн/м ² | Оплата праці робітників грн/м ³ |
| ë1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 0.5 | 3 | 1 | 3 | 16853 | 20459 | 5348 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 18192 | 21546 | 4530 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 15748 | 19463 | 3598 |
| 4 | 1 | 1 | -1 | -1 | 1 | 3 | 0.8 | 1 | 17648 | 21667 | 4154 |
| 5 | 1 | -1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 0.8 | 1 | 19345 | 25745 | 3457 |
| 6 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0.5 | 1 | 0.8 | 1 | 20466 | 15457 | 4375 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 | 1 | 2 | 19754 | 24579 | 3425 |
| 8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0.9 | 2 | 18645 | 32795 | 5427 |
| 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0.9 | 2 | 16715 | 24678 | 4575 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.75 | 2 | 0.9 | 2 | 17664 | 25798 | 4972 |
| 11 | 1 | 1 | -1 | 0 | 1 | 3 | 0.8 | 2 | 19725 | 24679 | 4757 |
| 12 | 1 | -1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0.9 | 2 | 24674 | 25897 | 5473 |
| 13 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 2 | 0.9 | 2 | 17645 | 31578 | 5467 |
| 14 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 0.9 | 2 | 18647 | 21587 | 4257 |
| 15 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0.5 | 1 | 0.8 | 2 | 17455 | 32454 | 3425 |
| 16 | 1 | -1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 16714 | 26755 | 4245 |

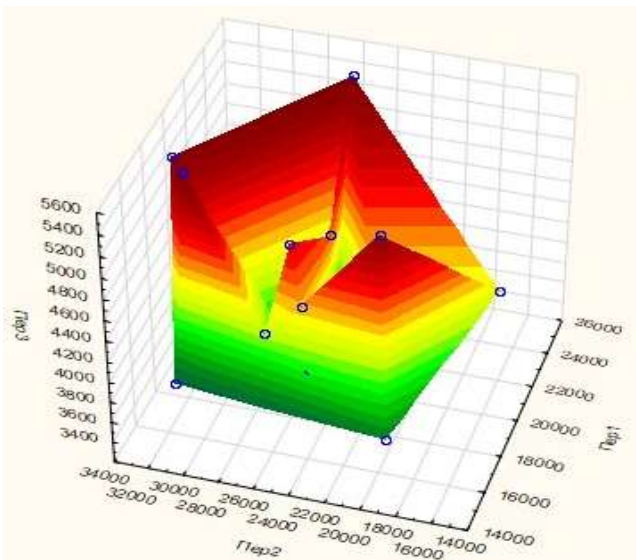


Рис. 2. Діаграма пошуку точок максимуму та мінімуму будівництва

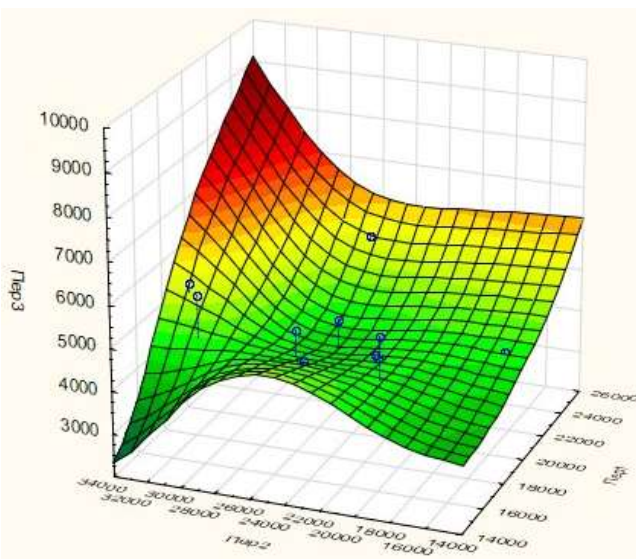


Рис. 3. Діаграма пошуку оптимальних значень залежності вартості будівництва від зміни факторів X_2 та X_3

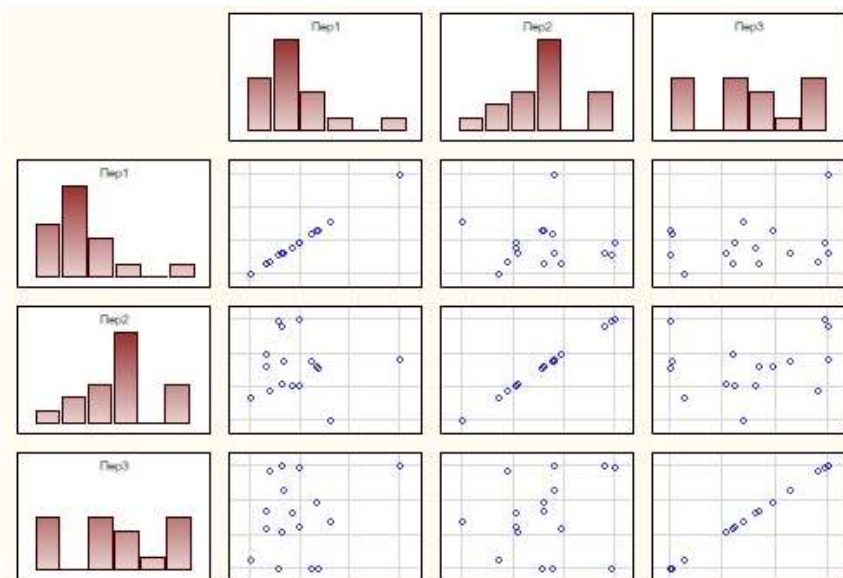


Рис. 4. Трьохфакторна діаграма у зонах мінімуму та максимуму факторів впливу

Висновки і перспективи подальших розвідок у даному напрямі.

Розглянуто та проаналізовано методика впливу зміни організаційно-технологічних параметрів на тривалість, вартість та матеріальні витрати будівництва громадських будівель. Розроблено план експерименту, в результаті розрахунків котрого вираховано оптимальні значення параметрів будівництва.

Список літератури:

1. Анін В.І., Арутюнян І.А., Арутюнян С.Е., Банах В.А. та ін. Науково-теоретична платформа активізації та розвитку будівництва України: монографія / за ред. І.А. Арутюнян. Запоріжжя: ЗНУ, 2020. 212 с. <https://dspace.znu.edu.ua/jspui/handle/12345/12031>
2. Арутюнян І.А., Коваленко М.Г. Детерміновані та недетерміновані фактори, що впливають на вихідні умови задач оптимізаційно-організаційних процесів будівельного виробництва. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2020. № 43. С. 59-66. DOI: <https://doi.org/10.32347/2707-501x.2020.43.59-66>.
3. Данкевич Н.О. Формування системи вибору оптимального варіанту організаційно-технологічних рішень в умовах невизначеності та динамічності з дотриманням принципів саморегуляції. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2020. № 18. С. 50-57. URL: <http://bttpr.diit.edu.ua/article/view/217698>.
4. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. [Чинний від 2016-05-05]. Київ, Мінрегіон України, 2016. 51с.

5. ДБН А.3.1-5-2016. Управління, організація і технологія. Організація будівельного виробництва. [Чинний від 2016–05–05]. Київ, 2016. 52 с.

6. Осипова А.О. Класифікація факторів, що впливають на вибір організаційно-технологічних рішень ревіталізації процесів будівельного виробництва. *Містобудування та територіальне планування*: Вип. 69. 2019. С. 304–309.

7. Данкевич Н.О. Підвищення ефективності організаційних рішень у складі проекту організації будівництва. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2019. Вип. 16. С. 38-43. DOI: <https://doi.org/10.15802/bttrp2019/189439>

8. Григоровський П.Є. та ін. Інформаційне моделювання організаційно-технологічних рішень інструментальних вимірювань при створенні та утриманні будівельних об'єктів. *Будівельне виробництво*, 2019. № 67. С. 7–16.

9. Шумаков І.В., Мікаутадзе Р.І., Ляхов І.І. Оптимізаційні тенденції у прогнозуванні тривалості будівництва. *Науковий вісник будівництва*. 2018. №1(91). С. 115–121.

10. Тугай О.А., Франчук О.А. Регламент організаційних заходів, щодо забезпечення експлуатаційної придатності об'єкту. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2018. Вип. 35. С. 154-160. DOI: <https://doi.org/10.32347/2707-501x.2018.35>

11. Тугай О.А., Поколенко В.О., Єсипенко А.Д., Дубинка О.В. Загальний план і фази впровадження БІМ-концепції у будівельній галузі. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. вип. 47 (1), технічний, 2021. С. 3-14. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2021.47\(1\)](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2021.47(1))

12. Arutiunian I., Poltavets M., Bondar O., Anin V., Pavlov F. Structural Information Management of Production Systems in Construction. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*. 2020. № Volume 9 No.4 (2020). С. 4794-4797. URL: [http://www.warse.org/IJATCSE/current/currentDetiles/?heading=Volume%209%20No.4%20\(2020\)](http://www.warse.org/IJATCSE/current/currentDetiles/?heading=Volume%209%20No.4%20(2020)).

13. Menelyuk A.I., Putilin S.V. Analysis of modern rehabilitation methods for bridges and overpasses. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. 2019. Вип. № 76. С. 143-152. DOI: <https://doi.org/10.31650/2415-377X-2019-76-143-152>.

References:

1. Anin. V.I., Arutiunian. I.A., Arutiunian. E.E., et. al. (2020). Scientific-theoretical platform for activation and development of construction in Ukraine: monograph / edited by I.A. Harutyunyan. Zaporizhzhia: ZNU. 212 p. <https://dspace.znu.edu.ua/jspui/handle/12345/12031>

2. Arutiunian, I.A., Kovalenko, M.G.(2020). Deterministic and non-deterministic factors influencing the initial conditions of tasks of optimization and organizational processes of construction production. *Ways to increase the efficiency of construction in the conditions of the formation of market relations*, 43, 59-66. DOI: <https://doi.org/10.32347/2707-501x.2020.43.59-66>.

3. Dankevich, N.O. (2020). Formation of a system for choosing the optimal variant of organizational and technological solutions in conditions of uncertainty and dynamism in compliance with the principles of self-regulation. *Bridges and tunnels: theory, research, practice*. 18. 50-57. URL: <http://bttrp.diit.edu.ua/article/view/217698>.

4. DBN A.3.1-5:2016. Organization of construction production. [Effective from 2016-05-05]. Kyiv, Ministry of Regions of Ukraine, 2016. 51p.
5. DBN A.3.1-5-2016. Management, organization and technology. Organization of construction production. [Effective from 2016-05-05]. Kyiv, 2016. 52p. (National Standard of Ukraine).
6. Oस्पova, A.O. (2019). Classification of factors affecting the choice of organizational and technological solutions for the revitalization of construction production processes. *Urban planning and territorial planning: Scientific and technical collection*. Vol. 69. 304–309.
7. Dankevich, N.O. (2019). Increasing the efficiency of organizational decisions as part of the construction organization project. *Bridges and tunnels: theory, research, practice*. 16. 38-43. DOI: <https://doi.org/10.15802/bttrp2019/189439>
8. Grigorovskiy, P.E. et. al. (2019). Information modeling of organizational and technological solutions of instrumental measurements in the creation and maintenance of construction objects. *Construction production*, 67, 7–16.
9. Shumakov, I.V., Mikautadze, R.I., Lyakhov, I.I. (2018). Optimization trends in forecasting construction duration. *Scientific bulletin of construction*, 1(91). P. 115–121.
10. Tugai, A., & Franchuk, O. (2018). Regulation of organizational measures to ensure operational suitability of the object. *Ways of increasing the efficiency of construction in the conditions of the formation of market relations*, 35. P. 154-160. DOI: <https://doi.org/10.32347/2707-501x.2018.35>
11. Tugai, O.A., Pokolenko, V.O., Yesypenko, A.D., Dubinka, O.V. (2021). General plan and phases of implementation of the BIM concept in the construction industry. *Ways to increase the efficiency of widowhood in the conditions of the formation of market relations*, 47 (1), P. 3-14. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2021.47\(1\)](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2021.47(1))
12. Arutiunian, I., Poltavets, M., Bondar, O., Anin, V., Pavlov, F. (2020). Structural Information Management of Production Systems in Construction. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*. No. Vol. 9 №. 4 (2020). 4794-4797. URL: [http://www.warse.org/IJATCSE/current/currentDetiles/?heading=Volume%209%20No.4%20\(2020\)](http://www.warse.org/IJATCSE/current/currentDetiles/?heading=Volume%209%20No.4%20(2020)).
13. Menelylyuk, A.I., Putilin, S.V. (2019). Analysis of modern rehabilitation methods for bridges and overpasses. *Bulletin of the Odessa State Academy of Construction and Architecture*. 76. P. 143-152. <https://doi.org/10.31650/2415-377X-2019-76-143-152>.

K. Mishuk, V. Banakh, M. Krasylnykov

Optimization of organizational and technological parameters of the construction of civil buildings

The article provides solutions for optimizing organizational and technological solutions for the construction of civil buildings. The article formulates the goal and describes the research methodology. Optimizing the organizational parameters of construction requires a comprehensive approach, which will include the implementation of modern technologies, effective management of resources and constant improvement of technological processes. The use of such methods allows not only to increase the productivity and quality of work, but also to reduce costs and time spent, while ensuring the successful completion of construction objects. The search and identification of factors made it possible to systematize them: the influence of compactness of the

construction site; factors complicating the transport of structures; factors complicating the consolidation of constructions; factors complicating the installation of structures; factors of work performance technology; factors describing the constructive and planning solution of buildings. Another network model may include options for completing the construction of the facility. The use of various models ensures high efficiency of the management system based on organizational and technological factors. However, a large volume of initial and current information requires careful organization of the database structure and intensive use of computer technologies. Computerization of the management process based on organizational and technological factors, as well as design, supply, financing and other processes requires clear formalization and creation of information technology. One of the possible directions of formalization of management technologies is the construction of economic-mathematical models, on the basis of which the management system is formed.

Keywords: *construction, organizational and technological parameters, mathematical modeling, experiment planning, limitations, resources.*