

РЕСУРСОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ БУДІВНИЦТВОМ З УРАХУВАННЯМ ЧИННИКІВ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ТА РИЗИКІВ

Розглядається комплексний підхід до ресурсозабезпечення в системі управління будівництвом з урахуванням чинників невизначеності та ризиків, які супроводжують сучасні інвестиційно-будівельні проєкти. Складність сучасного будівельного середовища, обумовлена динамічними змінами ринкової кон'юнктури, значними коливаннями вартості матеріально-технічних ресурсів, перебоями у глобальних і локальних логістичних ланцюгах постачання, а також наявністю внутрішніх організаційних, технічних і технологічних ризиків, вимагає переосмислення традиційних підходів до управління ресурсами в будівництві. У роботі обґрунтовано необхідність формування адаптивної системи ресурсного забезпечення, яка була б стійкою до зовнішніх впливів та здатною оперативно реагувати на зміни середовища реалізації проєкту. Проаналізовано сучасні наукові підходи до організації будівельного виробництва, логістики, управління ризиками та стратегічного управління, що дозволило інтегрувати окремі аспекти у цілісну концептуальну модель. Особливу увагу приділено використанню цифрових технологій, зокрема методології інформаційного моделювання будівель (BIM), як ключового інструменту для інтеграції логістичних, ресурсних, планових і управлінських процесів у єдину цифрову систему підтримки управлінських рішень. Запропоновано модель ресурсозабезпечення, яка базується на поєднанні методів сценарного моделювання, автоматизованого прийняття рішень та гнучкого управління потоками ресурсів. Такий підхід забезпечує можливість ефективної реалізації будівельних проєктів навіть за умов високої турбулентності, мінімізуючи ризики зривів у графіках та перевитрат ресурсів.

Ключові слова: *ВІМ (інформаційне моделювання будівель), управління будівництвом, трансформація операційної системи, моделювання, автоматизація, управління ризиками,*

невизначеність, інвестиційно-будівельний проєкт, організація будівництва, стратегічне управління, будівельна логістика, управління логістикою, ресурсозабезпечення, організація будівництва.

Вступ. У сучасних умовах динамічного розвитку будівельної галузі питання ефективного управління ресурсозабезпеченням набуває особливої актуальності. Ресурсозабезпечення виступає критичним елементом в організації будівництва, безпосередньо впливаючи на строки, вартість та якість реалізації інвестиційно-будівельного проєкту. Ускладнення логістичних ланцюгів, посилення конкуренції, впровадження цифрових технологій і постійна наявність факторів невизначеності вимагають нових підходів до моделювання та управління процесами будівництва. З огляду на це, особливе значення має створення адаптивних моделей ресурсозабезпечення з урахуванням чинників ризику та невизначеності, що дозволяють гнучко реагувати на зміни зовнішнього середовища. Одним з ефективних інструментів виступає впровадження BIM-технологій та автоматизованих систем управління, які забезпечують трансформацію операційної системи будівельної організації на стратегічному та тактичному рівнях.

Аналіз досліджень і публікацій. Аналіз сучасної наукової літератури свідчить про підвищений інтерес до питань оптимізації управління ресурсами в будівництві. У дослідженнях останніх років все більшої популярності набуває підхід до моделювання ресурсозабезпечення із використанням BIM-технологій та ERP-рішень, що дозволяє здійснювати синхронізацію інформації про об'єкти, ресурси, графіки та бюджети в єдиному середовищі. Проте недостатньо опрацьованими залишаються аспекти інтеграції ризик-орієнтованих методів у моделі ресурсозабезпечення, що обумовлює необхідність подальших досліджень у цій сфері.

Постановка завдання. Метою даної статті є висвітлення теоретичних і прикладних засад моделювання ресурсозабезпечення в системі управління будівництвом з урахуванням чинників невизначеності та ризиків, що дозволить підвищити ефективність реалізації інвестиційно-будівельних проєктів. У межах цієї мети передбачається відобразити сучасні підходи до організації будівництва, проаналізувати вплив ризиків і невизначеності на логістичні та ресурсні процеси, а також сформувати інтегровану модель управління, яка поєднує принципи стратегічного управління, будівельної логістики, автоматизації та BIM-технологій для

забезпечення стійкої та адаптивної операційної системи будівельної організації.

Основна частина. Особливості ресурсозабезпечення в управлінні будівництвом полягають у комплексному підході до організації та координації різноманітних видів ресурсів, які є критично необхідними для успішного виконання будівельних проєктів. Ресурсозабезпечення включає матеріальні ресурси – будівельні матеріали та конструкції, технічні – спеціалізоване обладнання та механізми, трудові – кваліфікований персонал, фінансові – кошти, що забезпечують безперервність процесу, а також інформаційні ресурси, які охоплюють проєктну документацію, нормативні акти та дані управління. Рациональне планування та ефективне управління цими ресурсами потребують синхронізації їх постачання та використання відповідно до встановлених строків і бюджету проєкту, що є основою мінімізації простоїв і оптимізації витрат. Важливою складовою цього процесу є будівельна логістика, яка забезпечує організацію та координацію потоків ресурсів між постачальниками, складами та будівельними майданчиками, гарантує своєчасність поставок і зниження ризиків затримок. Управління логістикою в будівництві виступає як інтегральний процес, що охоплює планування, контроль і регулювання ресурсних потоків, спрямований на підтримання безперервності виробничого циклу, що дозволяє забезпечити виконання проєкту у визначені терміни та з дотриманням фінансових обмежень. Таким чином, особливості ресурсозабезпечення полягають у необхідності комплексного, системного підходу до управління ресурсами, що є ключовим фактором успішної реалізації будівельних проєктів у сучасних умовах [1, 4, 5].

Джерела невизначеності та ризиків у будівельних проєктах характеризуються широким спектром факторів, які можуть негативно впливати на успішність реалізації проєкту. Одним із ключових джерел є коливання цін на будівельні матеріали, обладнання та інші ресурси, що зумовлює необхідність постійного моніторингу ринкової ситуації та гнучкого коригування бюджету. Логістичні збої, пов'язані з порушенням постачання через транспортні проблеми, недостатню координацію між постачальниками та будівельними майданчиками, спричиняють затримки у виробничому процесі, що веде до зриву графіків і збільшення загальних витрат. Крім того, зміни в законодавчій базі та регуляторних вимогах можуть викликати необхідність оперативної адаптації проєктної документації та технологічних

рішень, що створює додатковий тиск на управлінські структури. Технічні ризики, такі як вихід з ладу будівельного обладнання або відмови систем автоматизації, безпосередньо впливають на продуктивність і безпеку робіт, вимагаючи впровадження превентивних заходів і резервних механізмів. Важливу роль відіграє також людський фактор, який проявляється в управлінських помилках, недостатній кваліфікації персоналу або порушенні технологічних процедур, що часто призводить до зниження якості робіт і додаткових витрат. Як наслідок, невизначеність є об'єктивною характеристикою зовнішнього та внутрішнього середовища будівельного проєкту, що вимагає впровадження адаптивних механізмів управління, спрямованих на своєчасне виявлення, оцінку та мінімізацію ризиків для забезпечення стабільності і ефективності будівельного процесу [2, 3].

Модель ресурсозабезпечення з урахуванням ризиків, запропонована в цій статті, базується на принципах адаптивного управління та цифрової інтеграції, що дозволяє забезпечити високу стійкість будівельних проєктів до впливу невизначеності. Основу моделі становить BIM-середовище, яке виконує функцію централізованої інформаційної платформи для зберігання, обміну та актуалізації даних про ресурсні потреби, графіки постачання, проєктні рішення та логістичні потоки. У рамках цієї платформи реалізовано інтеграцію з інструментами ризик-менеджменту, що дає змогу здійснювати ідентифікацію, кількісну оцінку та ранжування потенційних загроз, а також формувати відповідні плани реагування. Сценарне моделювання, як ключовий аналітичний компонент, дозволяє будувати альтернативні варіанти розвитку подій із прогнозуванням наслідків змін у зовнішньому середовищі, таких як коливання цін, затримки поставок чи зміни регуляторних умов. З технічного боку управління ресурсами реалізується через автоматизовані системи управління ресурсами, що функціонують на базі ERP-рішень, забезпечуючи точність обліку, планування потреб і контроль виконання. Запропонована модель охоплює як стратегічний, так і операційний рівень управління, що дає змогу будівельним організаціям оперативно адаптуватися до змін, трансформуючи свою операційну систему, мінімізуючи витрати та підтримуючи безперервність будівельного процесу в умовах ризиків та невизначеності [7, 8].

Рис. 1 відображає систему управління будівельним проєктом через комплексне ресурсозабезпечення, яке включає чотири ключові типи ресурсів: матеріальні, технічні, трудові та фінансові. Центральне місце займає будівельна логістика – як процес

організації потоків цих ресурсів, що забезпечує ефективну координацію постачання та використання. Далі розкриваються основні джерела ризиків і невизначеності. Для подолання цих викликів запропоновано інструменти управління: використання цифрових моделей об'єктів, оптимізація логістики та планування ресурсів, автоматизація обліку й управління, а також зниження ризиків за допомогою аналізу даних. Уся система спрямована на забезпечення цілісного, гнучкого та ефективного управління будівельними проєктами в умовах ризику й динамічного середовища.



Рис. 1. Комплексне ресурсозабезпечення будівельного проєкту
(розроблено автором на основі [1])

Фундаментом у цій системі є технології Building Information Modeling (BIM) та Enterprise Resource Planning (ERP) підхід що у стратегічному управлінні будівельними проєктами можуть суттєво трансформувати підходи до планування та контролю ресурсозабезпечення. BIM забезпечує створення детальних цифрових моделей будівельних об'єктів, які містять комплексну інформацію про матеріали, технічні характеристики, вартість і

часові параметри виконання робіт, що дозволяє проводити їх аналіз у режимі реального часу. Завдяки цьому стає можливим точне прогнозування потреб у ресурсах на різних етапах проєкту, що значно підвищує ефективність планування і мінімізує ризики дефіциту або надлишку матеріалів. Також, впровадження BIM дає змогу виявляти "вузькі місця" в логістичних ланцюгах, сприяючи оптимізації потоків постачання і своєчасному усуненню потенційних затримок. Важливою перевагою є підвищення прозорості процесу прийняття управлінських рішень. Всі учасники проєкту мають доступ до актуальної, узгодженої інформації, що сприяє координації дій і зниженню ймовірності помилок. Крім того, інтеграція BIM з ERP дозволяє автоматизувати процедури замовлення, транспортування та обліку ресурсів, що значно скорочує адміністративні витрати та підвищує точність управління матеріальними потоками. У результаті, застосування BIM та ERP у стратегічному управлінні будівництвом сприяє підвищенню ефективності використання ресурсів, скороченню витрат і термінів реалізації проєктів, а також підвищенню якості кінцевого результату [6].

Висновки. Ефективне ресурсозабезпечення в умовах невизначеності є одним із найважливіших чинників, що визначають успішність управління будівельними проєктами. У сучасних умовах, коли зовнішні та внутрішні ризики набувають дедалі більшого значення, традиційні методи планування ресурсів виявляються недостатньо гнучкими та адаптивними. Запропонована модель, що базується на поєднанні інформаційного моделювання, ризик-орієнтованого підходу та автоматизації управлінських процесів, створює комплексний і системний підхід до управління ресурсами. Такий підхід дозволяє суттєво знизити витрати та уникнути перевитрат ресурсів за рахунок точного прогнозування потреб і своєчасного реагування на зміни у зовнішньому середовищі. Крім того, впровадження моделі підвищує стійкість системи управління до зовнішніх збурень, забезпечуючи безперервність виробничих процесів і мінімізуючи ризики простоїв або затримок. Водночас вона сприяє формуванню стратегічної гнучкості.

Список літератури:

1. Арутюнян І. А., Арутюнян Є. Е. Оптимізація будівельного виробництва за рахунок систематехнічних та логістичних підходів. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2021. № 19. С. 12-18.
2. Арутюнян І. А., Коваленко О. С. Оптимізація організаційних

процесів у цивільному будівництві за допомогою логістичних моделей. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2024. № 25. С. 13-19.

3. Арутюнян І.А. Управління формуванням логістичних систем функціонування будівельного виробництва: монографія. Запоріжжя: ЗДА, 2011. 308 с.

4. Доненко В. І., Бобраков А. А., Бейнер Н. В., Чечель М. В. Іваненко Д. С. Аналіз функціональності логістичного управління для ефективного управління ланцюгом постачання у будівництві. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2024. № 3 (021). С. 151-158.

5. Etter S., Girmscheid G. Centralized logistics management for intra-urban construction sites - Strategic implementation. *Bauingenieur*. 2012. № 87. Pp. 461-469.

6. Celik Ya., Petri I., Rezgui Ya. Integrating BIM and Blockchain across construction lifecycle and supply chains. *Computers in Industry*. 2023. Volume 148: 103886. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2023.103886>

7. Євдокименко В.М., Кириченко О.С. Аналіз методів управління ризиками проєктної діяльності промислових підприємств. *Сучасні проблеми економіки та підприємництва*. 2014. Вип. 13. С. 236–242.

8. Тугай О.А., Лагутін Г.В., Поколенко В.О., Борисова Н.О., Приходько Д.О., Баглай В.А., Слипенчук О.С., Петровська-Ліньова Н.Б. Сучасні моделі організації будівництва на засадах девелопменту. *Містобудування та територіальне планування*. 2010. № 36. С. 453-457.

9. Tugai O.A., Hryhorovskiy P.Ye., Khyzhniak V.O., ... Chernyshev D.O. Organizational and technological, economic quality control aspects in the construction industry: collective monograph. Lviv-Torun: Liha-Pres, 2019. 136 p.

10. Nikolaiev V.P., Hryhorovskiy P.Ye., Khyzhniak V.O., ... Molodid O.S. Technical and economic aspects of real estate properties: collective monograph. Lviv-Torun: Liha-Pres, 2019. 124 p.

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

12. Лівінський О.М., Ключев В.В., Савенко В.І. та ін. Менеджмент якості в будівництві та виробничі організаційні системи: монографія. Київ: Центр учбової літератури, 2018. 230 с.

References:

1. Arutiunian, I.A., Arutiunian, Ye.E. (2021). Optimization of construction production through system-technical and logistical approaches. *Mosty ta tuneli: teoriya, doslidzhennya, praktyka*, 19, 12-18.

2. Arutiunian, I.A., Kovalenko, O.S. (2024). Optimization of organizational processes in civil construction using logistic models.

Mosty ta tuneli: teoriya, doslidzhennya, praktyka, 25, 13-19.

3. Arutiunian, I.A. (2011). Management of the formation of logistics systems for the functioning of construction production: monograph. Zaporizhzhia: ZDIA. 308 p.

4. Donenko, V.I., Bobrakov, A.A., Beyner, N.V., Chechel, M.V. Ivanenko, D.S. (2024). Analysis of the functionality of logistics management for effective supply chain management in construction. Ukrainian Journal of Construction and Architecture, 3 (021), 151-158.

5. Etter, S., Girmscheid, G. (2012). Centralized logistics management for intra-urban construction sites - Strategic implementation. Bauingenieur, 87, 461-469..

6. Celik, Ya., Petri, I., Rezgui, Ya. (2023). Integrating BIM and Blockchain across construction lifecycle and supply chains. Computers in Industry, 148: 103886.
<https://doi.org/10.1016/j.compind.2023.103886>.

7. Yevdokymenko, V. M., Kyrychenko, O. S. (2014). Analysis of methods of risks management in project activities of the companies. Modern problems of economics and manufacture, 13, 236–242..

8. Tugay, O.A., Lagutin, G.V., Pokolenko, V.O., Borisova, N.O., Prykhodko, D.O., Baglay, V.A., Slipenchuk, O.S., Petrovska-Linova, N.B. (2010). Modern models of construction organization based on development. Urban planning and territorial planning, 36, 453-457.

9. Tugai, O.A., Hryhorovskiy, P.Ye., Khyzhniak, V.O., ... Chernyshev D.O. (2019) Organizational and technological, economic quality control aspects in the construction industry: collective monograph. Lviv-Torun: Liha-Pres, 136 p.

10. Nikolaiev, V.P., Hryhorovskiy, P.Ye., Khyzhniak, V.O., ... Molodid, O.S. (2019) Technical and economic aspects of real estate properties: collective monograph. Lviv-Torun: Liha-Pres, 2019. 124 p.

11. Zeltser, R.Ia., Bielienskova, O.Iu., Dubinin, D.V. (2018) Innovatsiini modeli i metody orhanizatsii, upravlinnia i ekonomichnoi otsinky tekhnolohichnykh protsesiv budivelnoho vyrobnytstva: monohrafiia. Kyiv: «MP Lesia».. 208 s.

12. Livinskyi, O.M., Kliuiev, V.V., Savenko I.O. V.I. ta in. (2018) Menedzhment yakosti v budivnytstvi ta vyrobnychi orhanizatsiini systemy: monohrafiia. Kyiv: Tsentr uchbovoi literatury. 230 s.

V.A. Voitovych

Resource provision in the construction management system considering uncertainty and risk factors

This article explores a comprehensive approach to resource provision within the construction management system, taking into account the

factors of uncertainty and risk inherent in modern investment and construction projects. The complexity of today's construction environment-driven by dynamic market fluctuations, significant variability in the cost of material and technical resources, disruptions in global and local supply chains, as well as internal organizational, technical, and technological risks–necessitates a rethinking of traditional resource management practices in construction. The study substantiates the need to develop an adaptive resource provision system that is resilient to external impacts and capable of responding promptly to changes in the project implementation environment. Contemporary scientific approaches to construction production organization, logistics, risk management, and strategic management are analyzed, enabling the integration of these elements into a unified conceptual model. Particular attention is paid to the use of digital technologies, especially Building Information Modeling (BIM), as a key tool for integrating logistics, resource planning, scheduling, and management processes into a single digital decision-support system. A resource provision model is proposed, based on a combination of scenario modeling methods, automated decision-making, and flexible resource flow management. This approach enables the effective implementation of construction projects even under conditions of high turbulence, minimizing the risks of schedule disruptions and resource overruns.

Keywords: BIM (Building Information Modeling), construction management, operational system transformation, modeling, automation, risk management, uncertainty, investment and construction project, construction organization, strategic management, construction logistics, logistics management, resource provision, construction planning.

Посилання на статтю:

АРА: Voitovych V.A. (2024). Resource provision in the construction management system considering uncertainty and risk factors. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 53(2), 368-376.

ДСТУ: Войтович В.А. Ресурсозабезпечення в системі управління будівництвом з урахуванням чинників невизначеності та ризиків. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*, 2024, 53(2), 368-376.