

Ігор ХАПАНЦЕВ,

аспірант

ORCID: 0009-0005-3257-8290

Ігор ДВОРНІЧЕН,

аспірант

ORCID: 0000-0003-0972-6361

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ТА ЦИФРОВА ОПТИМІЗАЦІЯ ЗМІННОЇ ЛОГІСТИКИ В УПРАВЛІННІ ПРОЦЕСАМИ БУДІВНИЦТВА ОБ'ЄКТІВ БАГАТОЦІЛЬОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

У статті комплексно досліджено проблематику удосконалення організаційно-технологічних процесів та цифровізації логістики для підвищення ефективності потокового будівництва промислових об'єктів із залізобетону. Доведено, що в сучасних умовах, особливо в контексті воєнних дій, руйнівних ударів по інфраструктурі та ресурсного дефіциту, традиційні підходи до організації будівельного виробництва призводять до перевитрат, затримок у постачанні та низької адаптивності. Обґрунтовано необхідність удосконалення організаційно-технологічних рішень та впровадження цифрових інструментів логістики як ключових чинників підвищення ефективності будівельних процесів. На основі статистичних даних проаналізовано сучасний стан будівельної галузі, виявлено основні проблеми ресурсозабезпечення та логістики.

Проаналізовано ключові виклики, зокрема перебої у постачанні матеріалів, високі транспортні витрати та відсутність централізованих цифрових платформ для управління. Визначено, що ефективним організаційно-технологічним рішенням є потокове будівництво, яке дозволяє скоротити терміни введення об'єктів в експлуатацію на 15–25% порівняно з традиційними методами.

Особливу увагу приділено можливостям цифрової оптимізації, зокрема використанню BIM-технологій, ERP-систем та платформ управління ланцюгами постачання, що забезпечують прозорість та безперервність будівельних потоків. Запропоновано організаційно-технологічні рішення для мінімізації ризиків у промисловому будівництві, включаючи створення буферних запасів, диверсифікацію постачальників та впровадження резервних джерел енергії.

Застосування організаційно-технологічних рішень, підкріплених цифровим інструментарієм, дозволяє перейти від реактивного до проактивного управління. Це є критично важливим для забезпечення безперервності та ефективності будівництва в сучасних умовах. Таким чином, синергія між поточковим будівництвом та цифровою логістикою є ключовим чинником підвищення ефективності, що має особливе значення для масштабної відбудови України.

Ключові слова: *будівництво, організаційно-технологічні рішення, оптимізація процесів будівництва об'єкту, ресурсозабезпечення та оптимізація логістики, цифрова оптимізація логістики та потокове будівництво промоб'єктів з залізобетону.*

Вступ. У сучасних умовах відновлення економіки та зростання потреби у швидкому спорудженні промислових об'єктів із залізобетону особливого значення набуває удосконалення організаційно-технологічних процесів у будівництві. Традиційні підходи до логістики та ресурсозабезпечення нерідко призводять до нераціонального використання часу й матеріалів, збільшення витрат і затримок у виконанні робіт. Це знижує ефективність потокового будівництва, яке вимагає ритмічності, безперервності та чіткої координації.

Цифрова оптимізація логістики у поєднанні з інноваційними організаційно-технологічними рішеннями створює умови для підвищення ефективності управління будівельними процесами. Використання BIM-технологій, ERP-систем і сучасних цифрових платформ забезпечує прозорість постачань, своєчасне ресурсозабезпечення та скорочення тривалості будівельного циклу. Це робить дослідження даної проблематики актуальним як у теоретичному, так і в практичному аспектах, адже воно спрямоване на підвищення конкурентоспроможності будівельних підприємств та ефективності відновлення промислової інфраструктури.

Аналіз досліджень і публікацій. Проблематика удосконалення будівельних процесів, зокрема потокового будівництва, належить до числа найактуальніших питань сучасної будівельної науки та практики. Саме тому вітчизняні науковці та практики приділяють значну увагу питанням удосконалення потокового будівництва, управління будівельним виробництвом, а також цифрової трансформації та логістики як невід'ємних складових підвищення конкурентоспроможності галузі.

Вагомий внесок у розроблення теоретичних і прикладних аспектів потокового будівництва та організації будівельного виробництва зробили П.Є. Григоровський [1], О.С. Молодід, М.І. Надточій [1], Г.П. Іванова, В.Є. Олішевська, С.М. Гапєєв [2], О.Я. Загорецька [3], М.О. Малихін [4], Г.М. Рижаківа [5], А.В. Шпаков [5], В.М. Завадський, В.І. Рибальський.

Окремий науковий напрям становлять дослідження, присвячені цифровим інструментам управління будівельними процесами та логістикою. Зокрема, О.Ю. Беленкова [6,7], С.П. Стеценко [7], І.І. Назаренко, В.О. Гайовиченко, Д. Дубінін [6,8], О.В. Бондар-Підгурська, О.П. Юдічева [9] досліджували можливості BIM-технологій для оптимізації логістики, зокрема планування поставок та управління матеріальними потоками.

Таким чином, наукові дослідження вітчизняних авторів формують потужну теоретико-методологічну базу для розроблення новітніх організаційно-технологічних рішень та впровадження цифрової оптимізації логістики, що у комплексі здатне забезпечити якісно новий рівень розвитку промислового будівництва.

Постановка завдання. Сучасне промислове будівництво, зокрема з використанням залізобетону, характеризується високою матеріало- та

трудомісткістю, складністю логістичних процесів та необхідністю швидкої реалізації проєктів. В умовах повномасштабного вторгнення росії, ці проблеми загострюються. Промислове будівництво в Україні наразі перебуває в періоді трансформації, зумовленої військовими діями, руйнівними ударами по інфраструктурі, логістичними обмеженнями й ресурсним дефіцитом. Військові дії, зокрема пошкодження матеріальної бази та портової інфраструктури, значною мірою уповільнили відновлення, одночасно спричинивши швидке зростання потреб у матеріалах та логістичних рішеннях.

Традиційні підходи до організації будівельного виробництва часто призводять до: перевитрат матеріальних та фінансових ресурсів, затримок у постачанні та монтажі конструкцій, низької адаптивності до раптових змін, низької ефективності управління будівельними процесами.

З огляду на ці виклики, організаційно-технологічні рішення та цифрова оптимізація логістики набувають вирішального значення. В умовах цифрової трансформації будівельної галузі виникає нагальна потреба у впровадженні сучасних інструментів, здатних забезпечити ефективне ресурсозабезпечення та безперервність потокового будівництва.

Основна частина. Трансформаційні процеси в будівельній галузі України актуалізують потребу в нових підходах до управління будівельними потоками. В умовах цифровізації та воєнних ризиків саме удосконалення організаційно-технологічних рішень і впровадження інноваційних логістичних інструментів стають ключовими чинниками підвищення ефективності промислового будівництва [10, 11].

За даними Державної служби статистики, у січні–травні 2025 року загальний обсяг виконаних будівельних робіт в Україні скоротився на 2,3% порівняно з аналогічним періодом 2024 року, склавши 68,9 млрд. грн. Найбільш суттєве падіння відбулося у секторі інженерного будівництва, де обсяги зменшилися на 17,8%. Водночас у житловому сегменті зафіксовано зростання на 6,8%, а в нежитловому – суттєвий приріст на 29,5% [12, 13].

Структура виконаних робіт також свідчить про тенденції у розвитку галузі: на нове будівництво припадає 45% від загального обсягу, на ремонтні роботи – 30,2%, а на реконструкцію та інші види – 24,8%. Індекс будівельної продукції у зазначений період досяг рівня 92,5% відносно минулого року, при цьому в житловому будівництві показник становив 99,6%, у нежитловому – 121,6%, тоді як в інженерному – лише 77,7% [12].

Будівництво промислових об'єктів в Україні перебуває під впливом низки економічних та соціальних чинників. Серед них – значні руйнування інфраструктури унаслідок воєнних дій, нестабільність ринку будівельних матеріалів, зростання енергетичних витрат та дефіцит кваліфікованих кадрів.

Разом з тим, держава ініціює масштабні програми відбудови, що передбачають активне залучення новітніх технологій, цифрових платформ управління будівництвом (BIM, ERP-систем) та оптимізацію логістики матеріальних потоків.

Основними проблемами, з якими стикаються підприємства під час зведення промислових об'єктів із залізобетону, є:

- перебої у постачанні матеріалів, відсутність централізованих цифрових платформ для управління логістикою;
- висока вартість транспортування та зберігання ресурсів.

Вирішення цих проблем вимагає впровадження цифрових інструментів моніторингу, використання систем управління ланцюгами постачання та створення резервних логістичних маршрутів.

Одним із ефективних організаційно-технологічних рішень є потокове будівництво, що передбачає безперервне та ритмічне виконання будівельно-монтажних робіт. Успішність цього підходу залежить від якісної організації процесів, зокрема від узгодження графіків постачання, транспортування та монтажу елементів. Практика показує, що застосування потокового методу дозволяє скоротити терміни введення промислових об'єктів в експлуатацію на 15–25% у порівнянні з традиційними підходами [10, 11].

Не менш важливим аспектом є раціональне планування трудових і матеріальних ресурсів. Збалансований розподіл робочої сили дозволяє уникнути перевантаження окремих етапів та мінімізувати простой. Використання цифрових систем управління допомагає підтримувати баланс між постачанням матеріалів, їх зберіганням і фактичним використанням на будівельному майданчику. Це не лише знижує витрати, а й забезпечує своєчасне виконання завдань, що в умовах відбудови України набуває особливої ваги.

Таким чином, застосування потокового будівництва, сучасних матеріалів і раціонального планування ресурсів формує підґрунтя для підвищення ефективності промислового будівництва в Україні. Проте в умовах зростаючих вимог до швидкості та якості виконання робіт традиційних методів організації процесів уже недостатньо.

Подальший розвиток галузі потребує інтеграції цифрових рішень, здатних забезпечити прозорість управління ресурсами, синхронізацію матеріальних потоків і мінімізацію логістичних ризиків. Саме цифрова оптимізація логістики стає ключовим інструментом, що дозволяє координувати всі етапи будівництва – від планування постачання матеріалів до контролю їх фактичного використання на майданчику.

Використання технологій інформаційного моделювання будівель (BIM), систем управління ланцюгами постачання (SCM) та платформ планування ресурсів підприємства (ERP) створює можливість для формування єдиного цифрового простору будівельного проекту. Це, у свою чергу, дає змогу своєчасно виявляти ризики, знижувати витрати на транспортування й зберігання та забезпечувати безперервність будівельних потоків [6-9].

Поточні виклики відбудови інфраструктури та інтенсивного будівництва промислових об'єктів ставлять перед замовниками і підрядниками завдання забезпечення ритмічності виробничого процесу і мінімізації простоїв. Для потокового будівництва характерні висока залежність від своєчасних поставок матеріалів (цемент, арматура, опалубні системи), потреба у сталому енергопостачанні під час «критичних вікон» (бетонування, випал цементу, робота підйомних механізмів), а також висока потреба в кваліфікованих бригадах. У таких умовах логістичні збої, енергетичні відключення та кадрові

дефіцити призводять до значного зростання витрат, простоїв і ризику погіршення якості.

В табл.1 наведено структурований перелік типових ризиків, запропоновані заходи пом'якшення та метрики для контролю.

Аналіз матриці ризиків (табл. 1) дозволяє ідентифікувати та пріоритезувати найбільш критичні загрози для потокового будівництва, а також визначити ефективні організаційно-технологічні рішення для їх мінімізації. Пріоритетними вважаються ризики з високою ймовірністю та/або високим впливом на реалізацію проєкту.

Таблиця 1

Ключові ризики логістики та ресурсозабезпечення

№	Ризик	Причина	Наслідки	Ймові-р ність	Вплив	Запропоновані заходи пом'якшення
1	Зриви постачання цементу/арматури	Перепони на кордонах, монопольні постачальники	Зупинка бетонування, простої техніки, витрати на зберігання	Середня	Високий	Буферні запаси 2–4 тижні; довгі контракти з індексацією; альтернативні постачальники
2	Енергетичні відключення у критичні періоди	Атаки/перебої в мережі, дефіцит потужностей	Невиконання «вікон» бетонування, погіршення якості бетону	Висока	Високий	ДГУ/резервні джерела; гнучкі графіки; нічні зміни; місцеві акумулятори
3	Дефіцит кваліфікованих кадрів	Міграція, мобілізація, конкуренція за кадри	Зниження продуктивності, брак бригад	Висока	Середній/ Високий	Модульне навчання, релокація бригад, стимулюючі пакети
4	Мінна небезпека/затримки дозволів	Невпевненість в безпеці ділянок	Затримка старту робіт, підвищення кошторису	Середня	Високий	Обов'язковий демінінг, сертифікати безпеки, страхування ризиків
5	Волатильність цін на ГИММ/матеріали	Концентрація ринку, валютні ризики	Перевитрати бюджету, перегляд кошторисів	Висока	Середній	Ф'ючерси/хеджування, індексація контрактів, локальні запаси
6	Логістичні затримки на кордонах/терміналах	Інфраструктурні вузькі місця, черги	Збільшення lead time, простої	Середня	Середній	TMS, ETA-моніторинг, альтернативні коридори, резервні склади
7	Низька якість поставок (параметри бетону, арматури)	Недотримання стандартів постачальником	відстрочки приймання	Мала/ Середня	Високий	Вхідний контроль якості, штрафні санкції, сертифікація постачальників

Джерело: авторська розробка

Виходячи з аналізу, найвищий рівень загрози для проєкту становлять ризики, що безпосередньо впливають на безперервність виробничого процесу. До них належать (рис. 1):

- Енергетичні відключення у критичні періоди. Цей ризик має високу ймовірність та високий вплив, оскільки може призвести до невиконання "вікон" бетонування та погіршення якості бетону.
- Дефіцит кваліфікованих кадрів. Ризик має високу ймовірність і середній/високий вплив, що спричиняє зниження продуктивності та брак бригад.
- Зриви постачання цементу/арматури. Цей ризик має високий вплив, оскільки може спричинити зупинку бетонування, простої техніки та витрати на зберігання.
- Мінна небезпека/затримки дозволів. Цей ризик має високий вплив, оскільки може призвести до затримки старту робіт та підвищення кошторису.

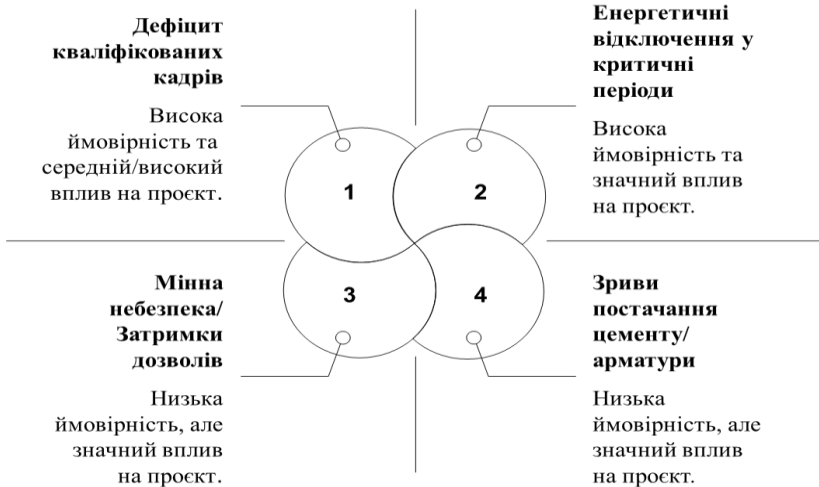


Рис. 1. Пріоритезація ризиків проєкту. Джерело: авторська розробка

Для подолання цих загроз необхідне впровадження системних організаційно-технологічних та цифрових рішень.

Наприклад, для пом'якшення ризику енергетичних відключень необхідно використовувати резервні джерела живлення, такі як дизель-генераторні установки. Організаційним рішенням є впровадження гнучких графіків робіт, зокрема нічних змін, що дозволяє виконувати енергоємні процеси в періоди мінімального навантаження на мережу.

Мінімізація ризику дефіциту кваліфікованих кадрів вимагає забезпечення конкурентної заробітної плати та соціального пакету для залучення та утримання працівників. Організаційно-технологічним рішенням є оптимізація трудових ресурсів через їх релокацію та ефективний розподіл на основі поточкових графіків.

Загрозу мінної небезпеки необхідно мінімізувати через проведення ретельного обстеження території на наявність мінної небезпеки, залучення

спеціалізованих організацій для проведення розмінування, отримання сертифікатів безпеки ділянок та страхування ризиків. Ці заходи є частиною загальної стратегії управління ризиками, що дозволяє уникнути затримок та перевитрат кошторису [12, 13].

Критичною умовою мінімізації ризиків логістичних збоїв та зривів постачання є переорієнтація на випереджувальне (проактивне) управління процесами. Це передбачає створення буферних запасів матеріалів, укладання довгострокових контрактів та диверсифікацію постачальників. Цифрова оптимізація логістики через використання систем управління ланцюгами постачання (SCM) та моніторингу ЕТА (ЕТА-моніторинг) дозволяє в режимі реального часу відстежувати рух вантажів та оперативно реагувати на затримки.

Таким чином, застосування організаційно-технологічних рішень, підкріплених цифровим інструментарієм, дозволяє перейти до проактивного управління проектом, що є критично важливим для забезпечення безперервності та ефективності потокового будівництва в сучасних умовах.

Висновки. Будівництво промислових об'єктів в Україні нині має стратегічне значення для економіки та відновлення інфраструктури, проте стикається з викликами через воєнні дії, дефіцит ресурсів та проблеми логістики.

Для забезпечення ефективності потокового будівництва промислових об'єктів із залізобетону в сучасних умовах є критично важливим системний підхід, заснований на інтеграції організаційно-технологічних рішень та цифрового інструментарію. Традиційні методи управління, які часто призводять до перевитрат, затримок і низької гнучкості, не можуть повною мірою відповідати викликам, що постали перед будівельною галуззю, особливо в умовах воєнних дій, руйнування інфраструктури та логістичних обмежень.

Основні проблеми – зруйновані транспортні коридори, перебої з постачанням матеріалів, зростання їх вартості, низький рівень інвестиційної активності та використання застарілих технологій. Логістика та ресурсозабезпечення є критичними чинниками, що визначають темпи реалізації проектів. Їх оптимізація можлива через цифрові інструменти управління поставками, BIM-технології, ERP-системи та формування резервів матеріалів.

Матриця ризиків показала, що найбільш значущими є:

- логістичні перешкоди (кордони, порти);
- дефіцит цементу й арматури через концентрацію виробників (CRH наразі контролює до 50 % ринку);
- знищення логістичної інфраструктури, порушення енергопостачання.

Для підвищення стійкості галузі доцільно впроваджувати сучасні організаційно-технологічні рішення, цифрову оптимізацію логістики та сценарії кризового управління. Застосування організаційно-технологічних рішень, підкріплених цифровим інструментарієм, дозволяє перейти від реактивного до проактивного управління проектом. Цифрова оптимізація логістики через використання таких технологій, як BIM, SCM та ERP-системи, створює єдиний цифровий простір, що забезпечує прозорість, своєчасність і

безперервність постачань. Це, у свою чергу, дозволяє мінімізувати ключові ризики, зокрема зриви постачання, енергетичні відключення та дефіцит кадрів.

Таким чином, синергія між потоковим будівництвом та цифровою логістикою є ключовим чинником підвищення ефективності та конкурентоспроможності. Вона забезпечує значне скорочення термінів реалізації проєктів, оптимізацію ресурсів і мінімізацію ризиків, що має особливе значення для масштабної відбудови України.

Список літератури:

1. Григоровський П. Є., Молодід О.С., Надточій М.І. Методика визначення техніко-економічних показників нового будівництва в ущільнених умовах. *Управління розвитком складних систем*. 2015. № 22. С.86-192.
2. Іванова Г.П., Олішевська В.Є., Гапєєв С.М., Олішевська С.О. Будівельна галузь України: трансформації та перспективи в умовах воєнного стану та повоєнної відбудови. *Наука та прогрес транспорту*. 2024, № 4 (108).
3. Дац А., Загорецька О. (2024). Аналізування важливості імплементації цифрового інструментарію підприємствами будівельної галузі. *Будівельне виробництво*, (77), 67-73. <https://doi.org/10.36750/2524-2555.77.67-73>
4. Малихін М.О. Модернізація систематизації та змісту дослідницьких інструментів для забезпечення підготовки будівництва на засадах цифровізації. *Управління розвитком складних систем*. 2025. № 62. С. 177–188, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2025.62.177-188](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2025.62.177-188).
5. Akselrod R., Shpakov A., Ryzhakova G., Honcharenko T., Chupryna I., Shpakova H. Integration of Data Flows of the Construction Project Life Cycle to Create a Digital Enterprise Based on Building Information Modeling. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. 2022, Volume 12, Issue 01, pp.40-50.
6. Беленкова О., Дубінін Д., Калашніков Д. Цифрова трансформація будівництва і девелопменту територій як імператив формування стратегій учасників будівельного процесу. *Містобудування та територіальне планування*, 2022, (81), 13–22. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2022.81.13-22>
7. Stetsenko, S.P., Tytok, V.V., Emelianova, O.M., Bieliukova, O.Yu and Tsyfra T.Yu. Management of Adaptation of Organizational and Economic Mechanisms of Construction to Increasing Impact of Digital Technologies on the National Economy. *Journal of Reviews on Global Economic*. 2020. №9. pp.149-164.
8. Дубінін Д., Філіппов О. (2023). Методологічні підходи до оцінки рівня цифровізації будівельного майданчика. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 52(1), 210–226. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.52\(1\).210-226](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.52(1).210-226)
9. Бондар-Підгурська О.В., Юдічева О.П. Застосування інноваційних технологій у контексті розвитку міжнародних логістичних ланцюгів. *Сучасні інноваційно-інвестиційні механізми розвитку національної економіки в умовах євроінтеграції: матеріали XI Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. (НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, 07 листоп. 2024 року)*. Полтава: 2024. С. 103-104.

10. Романенко О. В. Розвиток ринку будівельних матеріалів України в умовах воєнного стану. *Ефективна економіка*. 2024. № 3. С. 1–14.

11. Починок Н., Лупійчук А. Інформаційне моделювання будівництва: фінансово-обліковий аспект”. *Світ фінансів*. 2024, № 2(79), С. 99-115.

12. Джеймі Онслоу. Цементна галузь готова до реконструкції. 2025. https://www.intellinews.com/ukraine-remont-cement-sector-ready-for-reconstruction-378187/?utm_source=chatgpt.com

13. Колесніченко В. Обсяг виконаних будівельних робіт в Україні. https://gmkc.center/en/news/completed-ukrainian-construction-works-increased-by-37-1-y-y-in-h1-2024/?utm_source=chatgpt.com

Ihor KHAPANTSEV, Ihor DVORNICHEN

Organizational and technological solutions and digital optimization of variable logistics in the management of construction processes of multipurpose facilities

The article provides a comprehensive study of the improvement of organizational and technological processes and the digitalization of logistics aimed at enhancing the efficiency of flow construction of reinforced concrete industrial facilities. It has been proven that under current conditions, particularly in the context of military actions, destructive impacts on infrastructure, and resource shortages, traditional approaches to construction management result in cost overruns, supply delays, and low adaptability. The necessity of improving organizational and technological solutions and implementing digital logistics tools as key factors in increasing the efficiency of construction processes is substantiated. Based on statistical data, the current state of the construction industry is analyzed, and the main problems of resource provision and logistics are identified.

The key challenges are analyzed, including disruptions in material supply, high transportation costs, and the lack of centralized digital management platforms. It is determined that an effective organizational and technological solution is flow construction, which makes it possible to reduce commissioning times of facilities by 15–25% compared to traditional methods.

Particular attention is given to the potential of digital optimization, specifically the use of BIM technologies, ERP systems, and supply chain management platforms, which ensure transparency and continuity of construction flows. Organizational and technological solutions are proposed to minimize risks in industrial construction, including the creation of buffer stocks, supplier diversification, and the implementation of backup energy sources.

The application of organizational and technological solutions supported by digital tools enables a shift from reactive to proactive management. This is critically important for ensuring continuity and efficiency of construction under current conditions. Thus, the synergy between flow construction and digital logistics is a key factor in improving efficiency, which is of particular importance for the large-scale reconstruction of Ukraine.

Keywords: *construction, organizational and technological solutions, optimization of construction processes, resource provision and logistics optimization, digital logistics optimization, flow construction of reinforced concrete industrial facilities.*