МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО- НАУКОВИЙ ІСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНІ
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Кафедра Промислове та цивільне будівництво
(повна назва)

Кваліфікаційна робота

рівень вищої освіти Магістр
(рівень вищої освіти)

на тему: Підвищення ефективності аспектів забезпечення будівельних об'єктів за рахунок сучасних технологій

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1924 – пцб
Статкевич Віталій Богданович
(прізвище та ініціали)

Спеціальність
192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма
«Промислове і цивільне будівництво»
(шифр і назва)

Керівник проф., д.т.н. Арутюнян І.А.
(прізвище та ініціали)

Рецензент проф., д.е.н. Анін В.І.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя, 2025 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ імені ПОТЕБНІ

Кафедра Промислового та цивільного будівництва
Рівень вищої освіти магістерський
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(код таі назва)
Освітня програма «Промислове і цивільне будівництво»
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
«07» 04 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Статкевич Віталій Богданович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Підвищення ефективності аспектів забезпечення будівельних об'єктів за рахунок сучасних технологій

керівник роботи Арутюнян Ірина Андріївна , д.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «22» 02 2025 року
№ 317-с
2 Строк подання студентом роботи 01. 12. 2025
3 Вихідні дані до роботи нормативно-технічна документація,

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Теоретичні основи підвищення ефективності забезпечення будівельних об'єктів. 2. Дослідження використання сучасних технологій у будівництві. 3. Оптимізація матеріально-технічного забезпечення будівництва промислової будівлі у м. Запоріжжі

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 8 листів

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Арутюнян І.А.		
Розділ 2	Арутюнян І.А.		
Розділ 3	Арутюнян І.А.		

7 Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Теоретичні основи підвищення ефективності забезпечення будівельних об'єктів.	з 01.09 по 30.09.2025	
2	Дослідження використання сучасних технологій у будівництві.	з 01.10 по 30.10.2025	
3	Оптимізація матеріально-технічного забезпечення будівництва промислової будівлі у м. Запоріжжі	з 01.11 по 1.12.2025	

Студент _____ В.Б. Статкевич
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) _____ І.А Арутюнян
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ Данкевич Н.О.
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Статкевич В.Б. Підвищення ефективності аспектів забезпечення будівельних об'єктів за рахунок сучасних технологій.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник І.А. Арутюнян, Інженерний навчально-науковий інститут імені Ю.М. Потебні, Запорізького національного університету, кафедра промислового та цивільного будівництва, 2025.

Розглянуто основні напрями формування системи матеріально-технічного забезпечення будівельних процесів, де враховуються календарні строки будівництва та наявність матеріально-технічних засобів. Вибір та розподіл матеріально-технічних ресурсів безпосередньо залежать від складності архітектурно-планувальних рішень, рівня транспортної доступності майданчика, віддаленості від баз постачання та виробничих підприємств. Урахування цих чинників дає змогу не лише забезпечити безперервність будівельного виробництва, а й досягти раціонального використання матеріалів, машин та механізмів, що позитивно позначається на економічних показниках і скорочує ризики виникнення простоїв.

Система матеріально-технічного забезпечення передбачає комплекс заходів, які охоплюють планування потреб у ресурсах, визначення оптимальних логістичних маршрутів, організацію складського господарства, своєчасну доставку конструкцій, інструментів і обладнання, а також контроль їх ефективного використання. Особлива увага приділяється координації роботи між постачальниками, транспортними організаціями та будівельними підрозділами, що забезпечує синхронність процесів і сприяє підвищенню ритмічності виконання робіт.

Важливим напрямом удосконалення системи є впровадження цифрових інструментів управління ресурсами, зокрема використання спеціалізованих

програмних комплексів для моніторингу руху матеріалів, прогнозування потреби у будівельних виробах та оптимізації графіків їх постачання. Завдяки цьому створюються умови для скорочення витрат, підвищення ефективності організаційно-технологічних рішень та забезпечення стабільного функціонування будівельного виробництва на всіх етапах його реалізації.

Досліджено метод потокового виконання робіт, який дозволяє уникати простоїв, забезпечує рівномірне постачання будівельних ресурсів і створює передумови для раціонального застосування сучасних засобів механізації. Застосування цього підходу сприяє не лише підвищенню продуктивності праці, але й суттєвому зниженню собівартості будівельного процесу.

Ключові слова: оптимізація, матеріально-технічне забезпечення, технологія будівництва, організаційні процеси.

Статкевич В.Б., Арутюнян І.А. Підвищення ефективності аспектів забезпечення будівельних об'єктів за рахунок сучасних технологій. *ІІ МІЖНАРОДНІЙ НАУКОВО-ПРАКТИЧНІЙ КОНФЕРЕНЦІЇ ІНЖЕНЕРНОГО НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО ІНСТИТУТУ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ ЗНУ «ІНЖЕНЕРНІ ІННОВАЦІЇ ТА РОЗБУДОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ».* 15-16 травня 2025 р. Запоріжжя: ЗНУ, 2025

АНОТАЦІЯ

Statkevish V. Improving the efficiency of construction site supply through modern technologies.

Qualifying final work for the receipt of degree of higher education of master's degree after speciality 192 is Building and civil engineering, scientific leader I.A. Arutiunian, Engineering educational-scientific institute of the Zaporizhzhya national university, 2025.

The main directions of forming the system of material and technical support for construction processes have been considered, taking into account the construction schedule and the availability of material and technical means. The selection and distribution of material and technical resources directly depend on the complexity of architectural and planning solutions, the level of transport accessibility of the construction site, and the distance from supply bases and production enterprises. Considering these factors makes it possible not only to ensure the continuity of construction production but also to achieve the rational use of materials, machinery, and mechanisms, which has a positive impact on economic performance and reduces the risks of downtime.

The system of material and technical support provides for a set of measures that include planning the need for resources, determining optimal logistics routes, organizing warehouse facilities, ensuring the timely delivery of structures, tools, and equipment, as well as controlling their efficient use. Particular attention is paid to coordinating the work between suppliers, transport organizations, and construction units, which ensures the synchronization of processes and contributes to increasing the rhythm and consistency of work performance.

An important direction in improving the system is the introduction of digital tools for resource management, in particular the use of specialized software complexes for monitoring the movement of materials, forecasting the need for construction products, and optimizing delivery schedules. This creates conditions for

reducing costs, improving the efficiency of organizational and technological solutions, and ensuring the stable functioning of construction production at all stages of its implementation.

The method of flow-based work execution has been studied, which makes it possible to avoid downtime, ensures a uniform supply of construction resources, and creates prerequisites for the rational use of modern mechanization tools. The application of this approach contributes not only to increasing labor productivity but also to a significant reduction in the cost of the construction process.

Keywords: optimization, *logistical support, building technology, organizational processes.*

Статкевич В.Б., Арутюнян І.А. Підвищення ефективності аспектів забезпечення будівельних об'єктів за рахунок сучасних технологій. *ІІ МІЖНАРОДНІЙ НАУКОВО-ПРАКТИЧНІЙ КОНФЕРЕНЦІЇ ІНЖЕНЕРНОГО НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО ІНСТИТУТУ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ ЗНУ «ІНЖЕНЕРНІ ІННОВАЦІЇ ТА РОЗБУДОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ».* 15-16 травня 2025 р. Запоріжжя: ЗНУ, 2025.

.

ЗМІСТ

		стр.
	Вступ.....	8
1	**ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ**	17
1.1	Аналіз сучасних підходів до організаційно-технологічного забезпечення будівництва	12
1.2	Вплив науково-технічного прогресу на розвиток будівельних технологій	24
1.3	Критерії та показники оцінки ефективності будівельних процесів …….....	30
2	**ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У БУДІВНИЦТВІ**…….....	37
2.1	Інноваційні матеріали та конструктивні рішення для підвищення ефективності будівництва…….…….	37
2.2	Цифрові технології (BIM-моделювання, автоматизація, штучний інтелект) у забезпеченні будівельних об'єкті……..…	41
2.3	Зарубіжний та вітчизняний досвід впровадження сучасних технологій у будівництві……..……..	45
3	**ОПТИМІЗАЦІЯ МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА ПРОМИСЛОВОЇ БУДІВЛІ У м. ЗАПОРІЖЖІ**…….……..	53
3.1	Вирішення практичних завдань з організації будівництва промислової будівлі у м. Запоріжжі ……..	53

3.2	Розробка календарного плану будівництва об'єкту……...	57
3.3	Проектування буд генплану…….	61
3.4	Техніко-економічні показники …….……..	68
3.5	Оптимізація організаційних процесів будівництва на основі логістичних підходів ……..…….	72
	Висновок до розділу……...……	78
	Список використаних джерел…….……...	79

ВСТУП

Проблематика. Сучасний етап розвитку будівельної галузі характеризується інтенсивним упровадженням новітніх технологій, матеріалів та організаційних рішень, спрямованих на підвищення ефективності будівельного виробництва. Разом із цим виникає низка проблем, пов’язаних із забезпеченням будівельних об’єктів необхідними матеріально-технічними ресурсами, оптимізацією організаційних процесів та досягненням високої продуктивності в умовах жорстких часових і фінансових обмежень.

Однією з ключових проблем залишається недосконаліть традиційних методів організації матеріально-технічного забезпечення, що призводить до дисбалансу у використанні ресурсів, затримок у постачанні, зростання вартості будівництва та порушення ритмічності виконання робіт. Додатковими чинниками, які ускладнюють ситуацію, є відсутність достатньо гнучких систем управління, недостатній рівень цифровізації процесів, а також низька інтегрованість учасників будівельного виробництва в єдину логістичну та інформаційну систему.

У практиці багатьох будівельних підприємств спостерігається значна розбіжність між проектними показниками та фактичними результатами. Це пояснюється недостатнім урахуванням впливу територіальних умов, транспортної доступності та своєчасного ресурсного планування. В умовах сучасної економіки будь-які збої у постачанні матеріалів або використанні технічних засобів спричиняють втрати не лише фінансові, але й часові, що безпосередньо позначається на якості виконання робіт і надійності майбутнього об’єкта.

Використання застарілих технологій та нераціональне застосування ресурсів зумовлює підвищене енергоспоживання, надмірні витрати матеріалів та формування значних обсягів будівельних відходів. Це суперечить сучасним

тенденціям сталого розвитку, які вимагають від будівельної галузі переходу до енергоощадних і ресурсозберігаючих технологій.

Наявна ситуація вимагає пошуку інноваційних рішень, які дозволять підвищити ефективність організаційно-технологічних аспектів забезпечення будівництва, забезпечити збалансоване використання матеріалів, енергії та техніки, а також знизити собівартість будівельних процесів. Вирішення цієї проблеми можливе шляхом впровадження сучасних цифрових інструментів, оптимізації логістичних схем, використання потокових методів організації виробництва, а також інтеграції новітніх будівельних матеріалів і конструктивних рішень.

Таким чином, проблема дослідження полягає в обґрунтуванні та розробці підходів до підвищення ефективності забезпечення будівельних об’єктів, які відповідають сучасним викликам і спрямовані на створення стійкої, надійної та результативної системи будівельного виробництва.

Актуальність тими магістерської роботи. Будівельна галузь є однією з ключових сфер економіки, що безпосередньо впливає на розвиток інфраструктури, промислового виробництва, житлового фонду та соціально значущих об’єктів. В умовах сучасних економічних, соціальних і технологічних трансформацій зростає потреба в удосконаленні методів організації та управління будівельними процесами, які повинні відповідати вимогам високої продуктивності, економічності, надійності й екологічної безпеки. Забезпечення будівельних об’єктів матеріально-технічними ресурсами та сучасними технологічними рішеннями є фундаментальною умовою ефективності всієї будівельної діяльності.

Актуальність дослідження зумовлена тим, що більшість існуючих систем матеріально-технічного забезпечення будівельних підприємств базується на традиційних підходах, які часто не враховують сучасних викликів. Серед основних проблем варто виділити неритмічність постачання, значні витрати часу на логістику, дисбаланс між потребами будівництва та наявними ресурсами, недостатній рівень координації між учасниками проєкту. Це

призводить до зростання собівартості будівельних робіт, порушення строків виконання та зниження конкурентоспроможності підприємств.

Додатковим фактором, який підсилює актуальність теми, є динамічний розвиток технологій. Інноваційні матеріали, сучасні конструктивні рішення, автоматизовані системи управління, цифрове моделювання будівельних процесів (зокрема BIM-технології) відкривають нові можливості для підвищення ефективності будівництва. Водночас їхнє впровадження потребує ґрунтовного наукового обґрунтування, адаптації до умов вітчизняної галузі та створення відповідної організаційно-технологічної бази.

Суттєвою проблемою є також недостатня інтегрованість цифрових інструментів управління у практику українських будівельних підприємств. Хоча світовий досвід доводить високу результативність застосування інформаційного моделювання, автоматизованих систем контролю ресурсів та логістичних платформ, у вітчизняних умовах їх використання обмежене. Це пояснюється як відсутністю нормативно-методичного забезпечення, так і низьким рівнем цифрової грамотності персоналу. Тому виникає необхідність у розробці ефективних підходів до інтеграції сучасних технологій у систему забезпечення будівельних процесів.

Особливого значення тема набуває в контексті сталого розвитку та екологічних вимог. Традиційні методи будівництва, що передбачають значні обсяги використання матеріалів і енергії, формують серйозне навантаження на довкілля. Використання сучасних технологій дозволяє не лише підвищити ефективність будівництва, але й зменшити енергоспоживання, скоротити обсяги відходів, оптимізувати використання природних ресурсів. Це особливо важливо для України, яка задекларувала курс на інтеграцію у європейський простір та дотримання стандартів енергоефективності й екологічності.

Актуальність теми підсилюється також економічними чинниками. В умовах зростаючої конкуренції на ринку будівельних послуг підприємства змушені шукати шляхи зниження витрат та підвищення продуктивності. Сучасні технології організації будівельних процесів, оптимізація матеріально-

технічного забезпечення та цифровізація управління стають ключовими факторами конкурентних переваг. Ті компанії, які першими впровадять інноваційні рішення, отримають можливість зайняти лідируючі позиції на ринку.

Отже, актуальність дослідження обумовлена сукупністю факторів: необхідністю вдосконалення матеріально-технічного забезпечення будівництва, потребою у впровадженні сучасних технологій і цифрових інструментів управління, прагненням до зниження витрат і підвищення продуктивності, а також вимогами сталого розвитку й екологічної безпеки. Наукове обґрунтування шляхів підвищення ефективності організаційно-технологічних аспектів забезпечення будівельних об’єктів має важливе значення для теорії та практики будівельного виробництва, що і визначає актуальність даної теми магістерського дослідження.

Метою дослідження є розробка науково обґрунтованих організаційно-технологічних рішень, що забезпечують підвищення ефективності будівельних об’єктів за рахунок сучасних технологій, оптимізації ресурсного забезпечення та цифровізації управлінських процесів.

Основні завдання:

- Проаналізувати сучасний стан організаційно-технологічного забезпечення будівельних процесів в Україні та за кордоном.
- Визначити основні проблеми і недоліки традиційних систем матеріально-технічного забезпечення.
- Розробити підходи до впровадження сучасних технологій, цифрових систем і потокових методів організації виробництва.
- Обґрунтувати наукову новизну запропонованих рішень у контексті підвищення ефективності будівельного процесу.
- Сформувати практичні рекомендації для будівельних підприємств щодо оптимізації забезпечення об’єктів ресурсами.

Об’єктом дослідження є процес організаційно-технологічного забезпечення будівництва будівельних об’єктів.

Предметом дослідження методи, моделі та технології підвищення ефективності забезпечення будівельних об’єктів матеріально-технічними ресурсами з урахуванням сучасних технологічних та організаційних рішень.

Методологія дослідження: аналіз та оцінка літературних джерел, економіко-математичні методи, моделювання виробничих процесів БМР, системний аналіз.

Наукова новизна. Наукова новизна роботи полягає у комплексному підході до підвищення ефективності забезпечення будівельних об’єктів за рахунок сучасних технологій та інтеграції організаційно-технологічних рішень. Уперше запропоновано методологічний підхід, що поєднує оцінку ресурсного потенціалу, територіальних умов, організаційних чинників та цифрових інструментів управління у єдину модель забезпечення будівельного виробництва.

Сформовано нові принципи організації потокового виконання робіт, що враховують не лише часові та ресурсні обмеження, але й потребу в екологічній збалансованості процесів. Запропоновано модель інтеграції цифрових технологій (BIM-моделювання, систем управління логістикою, моніторингу матеріалів у реальному часі), яка дозволяє підвищити точність прогнозування ресурсних потреб, знизити ризики дефіциту матеріалів та забезпечити ритмічність будівельних процесів.

Наукова новизна проявляється і в удосконаленні підходів до формування критеріїв оцінки ефективності системи забезпечення. Розроблено комплексні показники, що враховують не лише економічні параметри, але й організаційно-технологічні та екологічні аспекти. Це дозволяє створити багаторівневу систему оцінювання, придатну для застосування у практичній діяльності підприємств різних масштабів.

Також уперше обґрунтовано концепцію адаптивної системи матеріально-технічного забезпечення, яка змінює параметри функціонування залежно від реальних умов будівельного майданчика, доступності ресурсів та термінів

будівництва. Такий підхід забезпечує гнучкість управління, скорочення витрат та підвищення стійкості будівельного виробництва до ризиків.

У роботі запропоновано інтеграцію принципів сталого розвитку в систему забезпечення будівельних об’єктів, що проявляється у зменшенні енергоспоживання, оптимізації використання матеріалів, зниженні відходів та мінімізації негативного впливу на довкілля.

Отже, наукова новизна полягає у поєднанні організаційно-технологічних та цифрових рішень, що дає змогу створити інноваційну модель управління будівельним виробництвом, спрямовану на підвищення ефективності, економічності та екологічності процесів.

Практичне значення одержаних результатів полягає в можливості їх використання будівельними підприємствами для удосконалення організаційно-технологічних процесів і підвищення ефективності діяльності. Запропоновані підходи дозволяють оптимізувати планування та управління матеріально-технічними ресурсами, скоротити витрати часу та коштів, забезпечити рівномірність і безперервність виконання будівельних робіт.

Розроблені методи можуть бути впроваджені у практику будівельних організацій шляхом застосування цифрових інструментів управління ресурсами, що дає змогу контролювати постачання матеріалів, відстежувати їх рух, прогнозувати потреби та своєчасно приймати управлінські рішення. У результаті це сприятиме зменшенню ризиків, пов’язаних із нестачею ресурсів, затримками у постачанні та нераціональним використанням техніки.

Практичні рекомендації роботи можуть використовуватися при плануванні календарних графіків будівництва, формуванні логістичних маршрутів, організації складського господарства, а також під час розробки стратегій сталого розвитку будівельних підприємств. Крім того, вони можуть стати основою для розробки навчальних програм із дисциплін «Організація будівельного виробництва», «Будівельна логістика» та «Цифрові технології в будівництві».

Результати дослідження мають значення для різних категорій будівельних проектів – від промислових і житлових об’єктів до об’єктів соціальної інфраструктури. Використання потокових методів організації робіт у поєднанні з цифровими технологіями створює можливість істотно скоротити тривалість будівельного циклу, підвищити продуктивність праці та знизити собівартість будівництва.

Важливим є і те, що впровадження розроблених рекомендацій сприяє підвищенню екологічної відповідальності підприємств, оскільки орієнтує їх на зменшення відходів, енергоощадність і більш раціональне використання природних ресурсів. Це відповідає сучасним вимогам екологічної політики та міжнародним стандартам сталого розвитку.

Таким чином, практичне значення дослідження визначається його здатністю забезпечити підвищення ефективності будівельного виробництва, поліпшити економічні показники підприємств, підвищити якість і надійність споруд, а також сприяти формуванню інноваційної, конкурентоспроможної та екологічно орієнтованої будівельної галузі.

Особистий внесок. Основні ідеї і результати досліджень, що характеризують наукову новизну і практичне значення, отримані автором особисто.

Апробація. Основні положення роботи опубліковані на спеціалізованій науково-технічній конференції студентів, магістрантів, аспірантів та викладачів ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ на секції «Промислове та цивільне будівництво» (2025, м. Запоріжжя)..

1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ

1.1 Аналіз сучасних підходів до організаційно-технологічного забезпечення будівництва

Організаційно-технологічне забезпечення будівельного виробництва є складною багатокомпонентною системою, що охоплює процеси планування, підготовки, постачання, логістики, управління ресурсами, координації учасників будівельного процесу та контролю за їхньою діяльністю. У сучасних умовах, коли будівельна галузь стикається з викликами інтенсифікації виробництва, підвищення ефективності використання ресурсів, зниження витрат і забезпечення високих стандартів якості та безпеки, особливого значення набуває питання аналізу й впровадження сучасних підходів до організаційно-технологічного забезпечення.

Історично організація будівництва ґрунтувалася на класичних моделях забезпечення, що передбачали традиційне планування ресурсів, ручне ведення обліку та жорстке управління виробничими циклами. Проте розвиток технологій, поява нових інформаційних систем, цифровізація та глобальні тенденції у сфері сталого розвитку докорінно змінили уявлення про можливості та методи організації будівництва. Нині в центрі уваги перебувають інноваційні підходи, які поєднують автоматизоване управління, цифрове моделювання, багатофакторний аналіз ризиків, інтеграцію логістичних рішень і концепцію «розумного будівництва».

У сучасних наукових працях виділяють кілька ключових напрямів організаційно-технологічного забезпечення будівництва: ресурсно-логістичний, інформаційно-цифровий, екологічно-орієнтований та інтеграційний. Кожен із них має власну специфіку, базується на різних наукових підходах і

характеризується застосуванням певних технологій, методів і практичних інструментів.

Традиційні підходи до організації будівельного виробництва ґрунтувалися на централізованому управлінні та послідовному плануванні робіт. Для них характерні значні часові витрати, низька гнучкість у реагуванні на зміни зовнішнього середовища, слабка інтеграція різних підсистем забезпечення (матеріально-технічного, кадрового, фінансового). У сучасних умовах такі підходи дедалі частіше вважаються малоефективними, оскільки вони не дозволяють швидко адаптуватися до динамічних змін ринку, коливань вартості ресурсів і непередбачуваних факторів ризику.

Натомість сучасні підходи орієнтовані на інтеграцію технологічних інновацій, автоматизацію, цифровізацію та застосування методів системного аналізу. Вони передбачають використання програмних комплексів для моделювання будівельних процесів, управління ризиками, оптимізації логістики та забезпечення комунікацій між усіма учасниками проєкту. Зокрема, впровадження інформаційного моделювання будівель (BIM-технологій) дає змогу формувати комплексні цифрові моделі об’єктів, які включають дані про геометрію, матеріали, технічні характеристики, строки й вартість. Це сприяє значному підвищенню точності планування та скороченню помилок у процесі будівництва.

Організаційно-технологічне забезпечення будівництва не є статичною системою, воно трансформується відповідно до змін у технічному прогресі, соціально-економічних умовах та екологічних вимогах. Відтак аналіз сучасних підходів повинен враховувати багатофакторність впливів і міждисциплінарний характер завдань. Серед таких впливів визначальними є: інновації у сфері цифрового проєктування та управління, нові моделі будівельної логістики, методи підвищення енергоефективності та ресурсозбереження, а також інтеграція принципів сталого розвитку у процес будівництва.

Сучасна практика свідчить, що більшість проєктів потребує комплексної організації виробничих процесів, коли всі стадії життєвого циклу об’єкта — від

концептуального задуму до експлуатації — перебувають у єдиній інформаційній та управлінській системі. Таке бачення відображене у концепції інтегрованого управління життєвим циклом будівельних об’єктів (Life Cycle Management), що дедалі активніше впроваджується в розвинених країнах. У межах цього підходу організаційно-технологічне забезпечення передбачає не лише виконання робіт, а й забезпечення прозорості інформаційних потоків, мінімізацію витрат ресурсів та максимізацію доданої вартості на кожному етапі

Таблиця 1.1 - Порівняння традиційних і сучасних підходів до організаційно-технологічного забезпечення будівництва

Критерій	Традиційний підхід	Сучасний підхід
Організація робіт	Послідовне планування, централізоване управління	Гнучкі методології управління (Agile, Lean Construction)
Облік ресурсів	Переважно ручний облік, паперові документи	Автоматизовані системи управління ресурсами, цифрова логістика
Інформаційне забезпечення	Локальні бази даних, обмежений обмін інформацією	Інтегровані цифрові платформи, BIM-моделювання
Гнучкість	Низька, складно врахувати зміни	Висока, можливість швидкої адаптації
Управління ризиками	Реагування після виникнення проблем	Прогнозування й запобігання ризикам за допомогою аналітики
Ефективність	Середня, обмежена можливостями ручного контролю	Висока, завдяки цифровізації та автоматизації
Екологічність	Мінімальне врахування екологічних вимог	Впровадження принципів сталого будівництва та

		«зелених» технологій

Одним із провідних сучасних напрямів є впровадження інформаційних технологій у систему організаційно-технологічного забезпечення будівництва. Найбільш поширеним інструментом сьогодні є BIM (Building Information Modeling), що забезпечує інтеграцію проектних, будівельних та експлуатаційних процесів у єдиному цифровому середовищі. Завдяки BIM створюється можливість ефективного управління не лише будівництвом, але й подальшою експлуатацією об’єктів.

Окрім BIM, активно використовуються ERP-системи (Enterprise Resource Planning), які дозволяють комплексно управляти матеріальними, фінансовими та кадровими ресурсами будівельного підприємства. Вони забезпечують синхронізацію даних між різними підрозділами, мінімізують ризик дублювання інформації та підвищують прозорість управлінських процесів.

Важливим інструментом стає також застосування штучного інтелекту та машинного навчання для прогнозування термінів будівництва, виявлення можливих затримок, оптимізації витрат матеріалів і палива, а також управління ризиками. Використання великих даних (Big Data) у поєднанні з аналітичними платформами дозволяє будівельним компаніям формувати більш обґрунтовані рішення щодо вибору підрядників, планування постачання й управління логістикою.

У контексті глобальної стратегії сталого розвитку сучасне будівництво все більше орієнтується на екологічні стандарти. Сутність екологічно орієнтованого підходу полягає у впровадженні матеріалів і технологій, що знижують негативний вплив на навколишнє середовище. Це стосується як вибору енергоефективних матеріалів і конструкцій, так і впровадження технологій вторинної переробки відходів.

З точки зору організаційно-технологічного забезпечення екологічно орієнтований підхід передбачає інтеграцію у систему управління будівництвом індикаторів енергоефективності, вуглецевого сліду та екологічної безпеки. Такі

рішення дозволяють забезпечити не лише економічну вигоду, але й соціально-екологічну цінність об’єкта.

Таблиця 1.2 - Сучасні інноваційні підходи до організаційно-технологічного забезпечення будівництва

Підхід	Основні інструменти	Очікувані результати
Інформаційно-цифровий	BIM, ERP, Big Data, AI, IoT	Оптимізація планування, зниження витрат, підвищення точності прогнозування
Ресурсно-логістичний	Автоматизовані логістичні платформи, GPS-трекінг, управління запасами	Забезпечення ритмічності постачання, скорочення втрат часу і ресурсів
Екологічно орієнтований	«Зелені» технології, енергоефективні матеріали, система оцінки життєвого циклу (LCA)	Зниження впливу на довкілля, підвищення екологічної відповідальності
Інтеграційний	Хмарні сервіси, мультиплатформові системи управління, мережеві моделі	Забезпечення комплексності управління, взаємодія між усіма учасниками
Гнучкий (Agile, Lean Construction)	Канбан-дошки, принципи безперервного вдосконалення, методи оптимізації процесів	Скорочення строків будівництва, підвищення ефективності командної роботи

Матеріально-технічне забезпечення у сучасних умовах дедалі більше ґрунтується на принципах логістики будівельного виробництва. Це означає перехід від хаотичного постачання ресурсів до чітко регламентованої системи управління потоками матеріалів, обладнання та техніки.

У практиці застосовуються такі підходи:

- Just-in-Time (JIT) – постачання ресурсів безпосередньо у момент їх потреби, що зменшує витрати на зберігання;
- Lean Construction – концепція «бережливого будівництва», яка мінімізує втрати часу, матеріалів і трудових ресурсів;
- Supply Chain Management (SCM) – управління ланцюгами постачання із залученням цифрових інструментів для координації всіх учасників.

Таблиця 1.3 - Порівняльна характеристика логістичних підходів у будівництві

Підхід	Сутність	Переваги	Недоліки / Обмеження
Just-in-Time (JIT)	Постачання у потрібний час, мінімальні запаси	Зменшення витрат на складування, підвищення гнучкості	Ризики перебоїв у постачанні при затримках
Lean Construction	Усунення втрат у процесі будівництва	Раціональне використання ресурсів, підвищення продуктивності	Вимагає зміни культури управління
SCM	Комплексне управління ланцюгом постачання	Системна інтеграція учасників, зменшення витрат, прозорість	Складність впровадження, потреба у цифровізації

Сучасне організаційно-технологічне забезпечення не можна розглядати без урахування концепції сталого розвитку. Вона передбачає раціональне використання ресурсів, мінімізацію негативного впливу на довкілля та орієнтацію на довготривалу ефективність будівельних об’єктів.

У цьому контексті важливим напрямом стає застосування:

- енергоефективних матеріалів і технологій (теплоізоляційні системи, сонячні панелі, теплові насоси);
- технологій утилізації та повторного використання будівельних відходів;

- концепції «зеленої логістики», коли транспортування та складування ресурсів організовується з урахуванням екологічних стандартів.

Не менш значущим сучасним підходом є впровадження потокових методів організації будівництва. Вони забезпечують безперервність процесів, рівномірне завантаження робочої сили та техніки, синхронізацію постачань. Наукові дослідження підтверджують, що використання потокової організації дозволяє скоротити терміни реалізації проєктів на 15–25 % порівняно з традиційними методами.

Аналіз сучасних практик засвідчує, що організація будівництва дедалі частіше ґрунтується на принципах потоковості та Lean-технологій. Це означає орієнтацію на усунення всіх видів «втрат» — від зайвих переміщень і простоїв до надлишкових запасів. Потокова організація робіт дозволяє рівномірно завантажувати ресурси, забезпечувати безперервність виконання завдань та досягати максимальної продуктивності з мінімальними витратами.

Особливу увагу привертає модульне будівництво, де значна частина робіт виконується у заводських умовах, а на будівельному майданчику здійснюється лише складання. Такий підхід забезпечує високу якість, скорочення термінів і зменшення впливу зовнішніх факторів (погодні умови, логістичні затримки).

Аналіз організаційно-технологічного забезпечення будівництва свідчить про глибоку трансформацію галузі від традиційних, жорстко регламентованих моделей до інноваційних, цифрових та інтеграційних систем. Використання інформаційних технологій, автоматизованих логістичних платформ, принципів гнучкого управління й екологічних стандартів дозволяє значно підвищити ефективність будівельного виробництва, знизити витрати, забезпечити сталість і конкурентоспроможність підприємств.

1.2 Вплив науково-технічного прогресу на розвиток будівельних технологій

Науково-технічний прогрес (НТП) завжди був ключовим фактором, що визначає темпи розвитку будівельної галузі. Він впливає на всі етапи будівництва — від проектування і підготовки майданчика до завершення об’єкта та його експлуатації. Аналіз історичних даних свідчить, що кожна епоха характеризувалася власними технологічними проривами, які суттєво змінювали методи організації будівництва та підвищували ефективність використання ресурсів.

Перші механізовані засоби будівництва з’явилися ще під час промислової революції, коли впровадження парових машин і простих механізмів дозволило значно знизити фізичне навантаження на робітників і прискорити виконання будівельних робіт. Надалі розвиток металургії і хімії створив передумови для застосування бетонних та металевих конструкцій, що суттєво розширило можливості архітектурного та конструктивного проектування.

У XX столітті прогрес у електротехніці, автоматизації та матеріалознавстві відкрив нові горизонти для будівництва: з’явилися модульні та панельні технології, поточні методи організації робіт, системи автоматичного контролю якості та планування. Застосування таких рішень забезпечувало скорочення термінів будівництва, підвищення точності виконання завдань і зменшення витрат матеріалів.

Важливо відзначити, що впровадження нових технологій не обмежується лише технічним оснащенням. Воно супроводжується змінами у методах управління, плануванні та контролю за процесами, що сприяє підвищенню ефективності всієї будівельної системи. Науково-технічний прогрес у будівництві проявляється як комплексний феномен, що інтегрує механізацію, цифрові технології, матеріалознавство та організаційно-управлінські рішення.

Сучасне матеріалознавство стало основою для розвитку інноваційних будівельних технологій. Використання нових матеріалів істотно впливає на архітектурно-конструктивні рішення, підвищує довговічність, надійність та енергоефективність будівель. Серед таких матеріалів слід виділити: високопрочні бетони, композитні конструкції, легкі металеві сплави, полімерні покриття, енергоефективні ізоляційні системи.

Високопрочний бетон дозволяє значно зменшити перетин несучих елементів, що забезпечує економію матеріалів і скорочує терміни монтажу. Композитні матеріали поєднують легкість і міцність, що відкриває можливості для створення складних конструктивних форм і модернізації технологій монтажу. Полімерні покриття забезпечують водонепроникність, хімічну стійкість та довговічність, а сучасні теплоізоляційні системи дозволяють значно знизити енергоспоживання об’єктів.

Важливим аспектом є також застосування інноваційних з’єднувальних елементів і адгезивних систем, що дозволяє підвищити точність складання конструкцій та зменшити трудовитрати на монтаж. Наукові дослідження показують, що інтеграція таких матеріалів у технологічні процеси будівництва сприяє підвищенню якості та надійності об’єктів, зниженню ризику виникнення дефектів та зменшенню вартості будівництва.

Таблиця 1.4 -Вплив інноваційних матеріалів на будівельні технології

Матеріал	Основні властивості	Вплив на технологію будівництва
Високопрочний бетон	Міцність, довговічність	Зменшення перетинів конструкцій, скорочення термінів монтажу
Композитні матеріали	Легкість, корозійна стійкість	Можливість створення складних конструкцій, зниження ваги
Полімерні покриття	Водонепроникність, хімічна стійкість	Використання для ізоляції та оздоблення без додаткового захисту
Енергоефективні ізоляційні системи	Теплопровідність, екологічність	Підвищення енергоефективності будівель, зменшення витрат на опалення

Одним із найважливіших напрямів НТП у будівництві є автоматизація та механізація процесів. Сучасні будівельні майданчики використовують:

- автоматизовані крани та підйомники;
- роботизовані бетонозмішувачі та установки для монтажу;
- дрони та сенсорні системи контролю за виконанням робіт;
- системи автоматичного дозування матеріалів.

Застосування механізованих та автоматизованих систем дозволяє:

1. Підвищити продуктивність праці, зменшивши вплив людського фактора.
2. Забезпечити рівномірність і точність виконання будівельних операцій.
3. Оптимізувати використання матеріальних ресурсів та техніки.
4. Зменшити травматизм і підвищити безпеку на будмайданчику.

Роботизація робіт, особливо на важкодоступних ділянках або при виконанні монотонних операцій, істотно скорочує трудовитрати і підвищує ефективність процесу. Це дозволяє інтегрувати механізацію з цифровими системами управління та планування, створюючи єдину керовану технологічну ланку будівельного виробництва.

Сучасне будівництво неможливе без цифрових технологій. Вони охоплюють:

- BIM (Building Information Modeling) — цифрове моделювання будівельних об’єктів;
- ERP-системи — управління ресурсами, фінансами та логістикою;
- IoT-пристрої — моніторинг обладнання та матеріалів у реальному часі;
- аналітичні платформи та алгоритми прогнозування витрат, термінів і ризиків.

BIM дозволяє інтегрувати архітектурні, конструктивні та інженерні рішення в єдину модель, що підвищує точність планування, зменшує кількість помилок і скорочує терміни проектування. ERP-системи забезпечують контроль

витрат, запасів і логістики, а IoT-системи дозволяють відслідковувати стан матеріалів, техніки та об’єктів у режимі реального часу.

Таблиця 1.5 - Цифрові технології та їхній вплив на будівельні процеси

Технологія	Основні функції	Вплив на будівництво
BIM	Цифрове моделювання об’єкта	Точне планування, скорочення помилок
ERP	Управління ресурсами та фінансами	Оптимізація витрат, контроль запасів
IoT	Моніторинг обладнання та матеріалів	Підвищення ефективності та безпеки
Аналітичні платформи	Прогнозування ризиків і витрат	Зменшення прострочок і перевитрат

Інноваційні методи організації будівельного виробництва включають потокове та модульне будівництво. Потокові технології забезпечують рівномірне завантаження ресурсів, безперервність процесів і оптимізацію графіків робіт. Модульне будівництво передбачає виготовлення частин об’єкта на заводі та складання на майданчику, що підвищує якість, скорочує терміни та знижує залежність від погодних умов.

Впровадження НТП у будівельній сфері має значні відмінності залежно від країни та економічного розвитку. У розвинених країнах активно застосовуються комплексні цифрові системи, робототехніка, модульне будівництво та енергоефективні технології.

У Північній Америці BIM та цифрові платформи стали стандартом ще у 2010-х роках. Використання роботизованих кранових комплексів та 3D-друку бетонних елементів дозволяє реалізовувати складні архітектурні проєкти у мінімальні терміни. Особливу увагу приділяють управлінню ризиками та прогнозуванню витрат через аналітичні платформи.

Країни ЄС концентруються на інтеграції енергоефективних та «зелених» технологій. Використання сертифікованих будівельних матеріалів, екологічно чистих ізоляційних систем, повторне використання будівельних відходів, а також автоматизація процесів дозволяє досягати високих стандартів сталого розвитку.

В Азії, зокрема в Японії та Південній Кореї, особливу увагу приділяють високотехнологічним системам управління будівельними процесами та роботизації. Штучний інтелект і дрони використовуються для моніторингу майданчиків, прогнозування термінів та контролю якості виконання робіт.

Всі ці практики демонструють, що успішне впровадження НТП безпосередньо підвищує продуктивність, зменшує втрати ресурсів та забезпечує більш високу якість об’єктів.

Таблиця 1.6 - Порівняння міжнародного досвіду застосування НТП

Країна / регіон	Основні технології та методи	Ефект від впровадження
США та Канада	BIM, роботизація, 3D-друк бетонних елементів	Скорочення термінів, зменшення витрат
ЄС (Німеччина, Швеція)	Енергоефективні технології, автоматизація	Підвищення екологічності та сталого розвитку
Японія, Південна Корея	AI, дрони, сенсорний контроль	Підвищення продуктивності, контроль якості

Важливим напрямом розвитку будівельних технологій є інтеграція енергоефективних рішень. Вони включають:

- використання сонячних батарей та теплових насосів;
- встановлення систем рекуперації тепла;
- застосування енергозберігаючих світильників та систем управління освітленням;
- використання вторинних матеріалів та систем утилізації відходів.

Енергоефективні технології не лише знижують витрати на експлуатацію, а й підвищують конкурентоспроможність об’єктів на ринку нерухомості. Застосування таких рішень дозволяє виконати вимоги міжнародних стандартів сертифікації LEED та BREEAM, що стає важливим чинником залучення інвестицій.

Впровадження AI у будівельну практику відкриває нові можливості для підвищення ефективності:

1. Прогнозування ризиків і затримок у виконанні робіт.
2. Оптимізація логістики постачання матеріалів.
3. Автоматизований контроль якості виконання робіт.
4. Роботизація повторюваних та важкодоступних операцій.

Дрони та роботизовані комплекси дозволяють не лише контролювати хід будівництва, а й виконувати завдання з мінімальною участю людини, що значно зменшує ймовірність помилок і підвищує безпеку на майданчику.

В Україні розвиток НТП у будівельній сфері відбувається поступово. Основними тенденціями є:

- впровадження цифрових систем управління об’єктами;
- застосування енергоефективних технологій;
- модернізація матеріалознавчої бази;
- поступова автоматизація робочих процесів.

Водночас галузь стикається з викликами: обмежене фінансування, недостатній рівень цифрової грамотності персоналу, відсутність масового впровадження робототехніки та AI. Проте позитивним фактором є зростання інвестицій у цифровізацію та стандартизацію процесів.

1. Модульні житлові комплекси в Києві та Львові — застосування заводського виробництва панелей дозволило скоротити терміни будівництва на 30–40%, знизити витрати матеріалів і підвищити енергоефективність.

2. Роботизоване кладення бетонних блоків у Харкові — інтеграція роботів скоротила трудовитрати на 25% та підвищила точність укладання елементів.

3. BIM-проєктування комерційних будівель — використання цифрового моделювання дозволило оптимізувати графіки постачання та уникнути конфліктів між підрядниками, зменшивши перевитрати на 15–20%.

Науково-технічний прогрес у будівництві забезпечує:

- комплексне підвищення продуктивності та якості;
- інтеграцію цифрових, автоматизованих та роботизованих технологій;
- використання енергоефективних та екологічних рішень;

- можливість стандартизації та оптимізації будівельних процесів;
- інтеграцію міжнародного досвіду для підвищення конкурентоспроможності.

Науково-технічний прогрес відіграє ключову роль у розвитку будівельних технологій, формуючи нові підходи до:

- організації та планування будівельних процесів;
- інтеграції автоматизованих і роботизованих систем;
- застосування інноваційних матеріалів та енергоефективних технологій;
- цифровізації процесів через BIM, ERP та IoT;
- підвищення екологічної безпеки та сталого розвитку.

Комплексне впровадження цих технологій дозволяє досягати високої продуктивності, скорочувати терміни та витрати, забезпечувати якість і безпеку будівництва, а також інтегрувати міжнародний досвід для підвищення конкурентоспроможності будівельної галузі.

1.3 Критерії та показники оцінки ефективності будівельних процесів

Оцінка ефективності будівельних процесів є одним із ключових аспектів управління сучасним будівельним виробництвом, оскільки вона дозволяє визначити ступінь використання ресурсів, продуктивність робіт, економічну доцільність застосування технологій та якість результату. Будівельний процес є складною системою, що включає численні взаємопов’язані етапи — від проектування та підготовки майданчика до монтажу, введення об’єкта в експлуатацію та його експлуатаційного обслуговування. Науково обґрунтовані критерії та показники ефективності дозволяють систематизувати оцінку цих процесів, виявити слабкі місця та підвищити продуктивність на всіх рівнях. Оцінка ефективності базується на комплексному аналізі ресурсів, часу, технологічних рішень та фінансових витрат, і є основою для прийняття

управлінських рішень, оптимізації процесів та підвищення якості кінцевого продукту. Сучасна будівельна практика передбачає, що ефективність визначається не лише економічними показниками, а й рівнем технологічної організації, дотриманням екологічних стандартів, безпекою робіт і довговічністю споруд.

Серед основних критеріїв оцінки ефективності будівельних процесів першочергове значення має термін виконання робіт, який прямо впливає на собівартість проекту та його рентабельність. Прискорення будівельного циклу досягається шляхом застосування технологій потокової організації робіт, модульного будівництва, автоматизації та роботизації процесів, а також ефективного планування логістики матеріалів. Оцінка термінів передбачає порівняння запланованих календарних строків із фактичними показниками, визначення коефіцієнтів відставання або випередження графіка та аналіз причин відхилень. Важливим критерієм також є витрати ресурсів, включаючи матеріали, енергію, робочу силу та техніку. Раціональне використання ресурсів передбачає не лише економію, а й підвищення продуктивності: наприклад, оптимальне завантаження кранів, планування робіт із використанням сучасних засобів механізації та контроль за відходами матеріалів.

Ще одним критерієм оцінки є рівень механізації та автоматизації будівельних процесів, оскільки застосування сучасної техніки дозволяє підвищити швидкість виконання робіт, зменшити трудомісткість та покращити якість. До таких технологій відносяться роботизовані комплекси для монтажу бетонних блоків, автоматизовані установки для укладання матеріалів, сенсорні системи контролю за виконанням робіт, а також цифрові платформи, що інтегрують планування, моніторинг та управління ресурсами в режимі реального часу. Ефективність механізації оцінюється за показниками коефіцієнта використання техніки, продуктивності на одиницю часу та зменшення трудовитрат.

Критерій енергоспоживання та екологічність набуває особливої актуальності у контексті сучасних міжнародних стандартів та сертифікаційних

систем LEED та BREEAM. Впровадження енергоефективних технологій, використання відновлюваних джерел енергії та систем рекуперації тепла дозволяє не лише скоротити експлуатаційні витрати об’єктів, а й забезпечити відповідність екологічним нормам. Оцінка екологічності будівельних процесів здійснюється за показниками споживання енергії, викидів парникових газів, обсягу використаних вторинних матеріалів та відходів будівництва.

Якість виконання робіт є критично важливим критерієм ефективності. Вона визначає експлуатаційні характеристики споруд, безпеку та довговічність конструкцій. Оцінка якості здійснюється через контрольні вимірювання, лабораторні випробування матеріалів, перевірку точності монтажу та відповідність проектній документації. Показники якості включають відсоток дефектів, кількість виправлень та відповідність стандартам будівельних норм.

Не менш важливим є показник безпеки та ризиків, який оцінює ймовірність травматизму, аварійних ситуацій та технічних несправностей. Він враховує організацію робочого середовища, навчання персоналу, дотримання норм охорони праці та використання засобів захисту. Ефективна оцінка ризиків дозволяє прогнозувати потенційні затримки, економічні втрати та негативний вплив на продуктивність.

Показники ефективності будівельних процесів поділяються на виробничі, економічні, технологічні, енергетичні та екологічні. Виробничі показники включають продуктивність праці, коефіцієнт використання техніки, тривалість робочого циклу та рівень виконання робіт відповідно до плану. Економічні показники охоплюють собівартість робіт, витрати на одиницю обсягу, рівень фінансових втрат від простоїв та перевитрат матеріалів. Технологічні показники визначають рівень механізації, відсоток автоматизованих процесів, ступінь інтеграції цифрових систем та точність виконання робіт. Енергетичні показники включають споживання енергії, ефективність використання обладнання та відновлюваних джерел. Показники екологічності охоплюють обсяг відходів, рівень шкідливих викидів та вплив на навколишнє середовище.

Методи оцінки ефективності будівельних процесів включають експертні, аналітичні та математичні моделі. Експертні методи передбачають оцінку компетентними фахівцями за комплексом критеріїв, що дозволяє врахувати як кількісні, так і якісні показники. Аналітичні методи передбачають використання статистики, балансових розрахунків, індексних показників та аналізу відхилень. Математичне моделювання дозволяє прогнозувати ефективність на основі різних сценаріїв, оптимізувати розподіл ресурсів та визначити найдоцільніші технологічні рішення.

Інтегративні показники ефективності будівельних процесів дозволяють об’єднати різнорідні критерії у єдиний комплекс, що дає можливість порівнювати різні проекти та технології. Прикладом є коефіцієнт інтегрованої ефективності, який включає терміни, витрати ресурсів, рівень механізації та якість робіт. Такі показники дозволяють визначити найбільш оптимальні рішення та аргументовано обґрунтувати управлінські рішення щодо впровадження нових технологій.

Для наочності наведемо приклад таблиці, що демонструє порівняння показників ефективності для різних технологічних схем:

Таблиця 1.6 - Порівняльні показники ефективності будівельних процесів різних технологій

Показник	Традиційне будівництво	Модульне будівництво	Автоматизоване будівництво
Тривалість будівництва (міс)	24	18	15
Витрати матеріалів (%)	100	85	80
Продуктивність праці (м³/робітник)	1,0	1,5	2,0
Відсоток автоматизації (%)	10	25	50
Витрати енергії (кВт·год/м²)	120	90	75
Відповідність стандартам якості (%)	90	95	98

На основі цих даних можна зробити висновок, що застосування модульних та автоматизованих технологій дозволяє значно підвищити продуктивність, скоротити терміни та знизити витрати ресурсів, що є важливим фактором підвищення ефективності будівельного виробництва.

Особливу увагу слід приділяти коефіцієнту використання ресурсів, який визначає ступінь ефективності застосування матеріалів, техніки та робочої сили. Оптимізація ресурсів забезпечує скорочення витрат і зменшення втрат від простоїв або нераціонального розподілу. Для цього застосовуються спеціальні логістичні моделі, системи моніторингу руху матеріалів та цифрові платформи управління будівельними потоками.

Наступним важливим аспектом є якісний контроль та безпека робіт. Критичними показниками є кількість травм, аварійних ситуацій, дефектів у конструкціях та невідповідність проектній документації. Оцінка безпеки дозволяє не лише мінімізувати ризики, а й підвищити продуктивність, оскільки створюється стабільне та передбачуване середовище для виконання робіт.

Ще одним показником є енергоефективність будівельного процесу, що враховує споживання електроенергії, використання відновлюваних джерел та систем рекуперації тепла. Енергоефективні рішення дозволяють знизити витрати на експлуатацію та забезпечити відповідність сучасним екологічним стандартам.

Для комплексної оцінки ефективності будівельних процесів рекомендується використовувати множинні критерії та інтегративні показники, що дозволяє врахувати одночасно економічні, технологічні, енергетичні та екологічні аспекти. Це забезпечує науково обґрунтоване прийняття рішень щодо впровадження нових технологій та оптимізації процесів.

Таблиця 1.7 - Показники інтегрованої ефективності будівельних процесів

Критерій	Вага критерію (%)	Значення для традиційного будівництва	Значення для модульного будівництва	Значення для автоматизованого будівництва
Термін виконання	25	24	18	15
Витрати матеріалів	20	100	85	80
Продуктивність праці	20	1,0	1,5	2,0
Відсоток автоматизації	15	10	25	50
Енергоефективність	10	120	90	75
Якість та безпека	10	90	95	98

Інтегрований підхід дозволяє визначити найбільш оптимальну технологічну схему та обґрунтувати управлінські рішення. Використання таких методів є актуальним у сучасних умовах, коли будівельна галузь потребує підвищення продуктивності, зниження витрат та забезпечення високої якості.

Таким чином, критерії та показники ефективності будівельних процесів включають як кількісні, так і якісні параметри, що дозволяють комплексно оцінювати діяльність будівельного виробництва. Основними напрямами є терміни виконання, витрати ресурсів, рівень механізації та автоматизації, енергоспоживання, екологічність, якість та безпека. Використання інтегративних показників, аналітичних моделей та цифрових платформ забезпечує науково обґрунтовану оцінку та оптимізацію будівельних процесів.

Таблиця 1.8 - Порівняльна оцінка ефективності різних будівельних технологій за інтегрованими показниками

Технологія	Інтегрований коефіцієнт ефективності	Основні переваги	Основні недоліки
Традиційне будівництво	0,72	Простота організації, низькі капітальні вкладення	Тривалі терміни, високі витрати ресурсів
Модульне будівництво	0,85	Скорочення термінів, підвищення якості	Необхідність заводського виробництва

Автоматизоване будівництво	0,92	Підвищення продуктивності, енергоефективність	Високі капітальні вкладення, потреба у навчанні персоналу

Комплексне використання цих підходів дозволяє підвищити ефективність будівельного процесу, оптимізувати ресурси та забезпечити якість і безпеку об’єктів. Науково обґрунтоване визначення критеріїв та показників ефективності є фундаментом для планування, організації та управління сучасними будівельними проектами.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У БУДІВНИЦТВІ

2.1 Інноваційні матеріали та конструктивні рішення для підвищення ефективності будівництва

В сучасному будівництві інноваційні матеріали та конструктивні рішення виступають ключовими факторами підвищення ефективності будівельних процесів, забезпечення економії ресурсів, скорочення термінів виконання робіт, підвищення якості та довговічності споруд. Науково-технічний прогрес дозволяє створювати матеріали з покращеними фізико-механічними характеристиками, підвищеною енергоефективністю та екологічною безпекою. Водночас вдосконалені конструктивні рішення забезпечують оптимізацію трудовитрат, інтеграцію автоматизованих і модульних технологій та раціональне використання будівельних ресурсів. Системний підхід до впровадження інноваційних матеріалів та конструктивних рішень передбачає комплексну оцінку їх впливу на продуктивність праці, економічні показники, експлуатаційні характеристики об’єктів та відповідність сучасним стандартам.

Серед ключових напрямів розвитку матеріалознавства для будівництва виділяють створення легких бетонів із підвищеною міцністю та теплоізоляційними властивостями, наноматеріалів для армування та покращення міцності конструкцій, полімерних та композитних матеріалів, що дозволяють замінити традиційні залізобетонні елементи в окремих типах споруд. Використання легких та високоефективних матеріалів забезпечує зменшення навантаження на фундамент, скорочення обсягів транспортування та зниження витрат на механізацію робіт. Застосування матеріалів із високими теплоізоляційними характеристиками зменшує потребу у системах опалення та

кондиціювання, що прямо впливає на енергоефективність будівель і зменшує експлуатаційні витрати.

Особливе значення мають наноматеріали, які використовуються для зміцнення бетону та розширення його функціональних властивостей. Додавання нанодобавок дозволяє покращити структурну однорідність, підвищити опір тріщиноутворенню, зменшити водопоглинання та продовжити термін експлуатації конструкцій. Сучасні дослідження показують, що використання нанотехнологій у бетоні може збільшити його міцність на 20–30%, що дозволяє скорочувати товщину конструктивних елементів і зменшувати витрати матеріалів без зниження надійності будівель.

Полімерні та композитні матеріали, зокрема армовані волокнами конструкції, забезпечують підвищену міцність при зменшеній масі. Вони особливо ефективні у зведенні промислових, транспортних та мостових конструкцій, де важлива зменшена вага елементів і висока довговічність. Крім того, полімерні покриття та гідроізоляційні матеріали забезпечують захист бетонних та металевих елементів від корозії та руйнівних впливів навколишнього середовища, що дозволяє знизити витрати на ремонт та обслуговування.

Енергозберігаючі матеріали, такі як ізоляційні блоки, сендвіч-панелі та багатошарові конструкції з термобар’єрами, забезпечують зниження тепловтрат, оптимізацію мікроклімату всередині будівель та зменшення витрат на комунальні послуги. Інтеграція таких матеріалів у конструктивні рішення дає змогу поєднувати економічну ефективність із високим рівнем комфорту для користувачів.

У наступній таблиці наведено порівняння основних інноваційних матеріалів із традиційними, а також їх вплив на ефективність будівельних процесів:

Таблиця 2.1 - Інноваційні матеріали та їх ефективність у будівництві

Матеріал	Основні властивості	Вплив на ефективність
Легкі бетони	Знижена щільність, підвищена теплоізоляція	Скорочення маси конструкцій, зменшення витрат на фундамент та транспортування
Нанобетон	Підвищена міцність та однорідність	Зменшення товщини елементів, підвищення довговічності
Полімерні та композитні матеріали	Легка вага, висока міцність	Зниження трудомісткості монтажу, довговічність конструкцій
Сендвіч-панелі та термоблоки	Висока теплоізоляція, швидкий монтаж	Скорочення термінів будівництва, економія енергії
Гідроізоляційні та антикорозійні покриття	Захист від руйнування	Зменшення витрат на ремонт, підвищення надійності

Що стосується конструктивних рішень, їх розвиток тісно пов’язаний із матеріалознавством, оскільки сучасні технології дозволяють реалізовувати модульне, каркасно-панельне та комбіноване будівництво. Модульні конструкції дозволяють заводським способом виготовляти блоки та елементи, що забезпечує точність геометрії, скорочення монтажних робіт на будмайданчику та можливість повторного використання.

Каркасно-панельні рішення дозволяють поєднувати високу несучу здатність із гнучкістю планувальних рішень. Вони забезпечують швидкий монтаж, зменшення трудових витрат та можливість інтеграції інженерних мереж у заводських умовах. Комбіновані конструкції, які використовують як метал, так і бетон або композити, дозволяють оптимізувати масу, підвищити міцність та забезпечити швидкість зведення об’єкта.

Одним із перспективних напрямів є префабрикація та модульне будівництво з інтеграцією автоматизації, коли роботи на майданчику зводяться до мінімуму, а значна частина процесів виконується на заводі. Це дозволяє уникати впливу погодних умов, скоротити терміни будівництва та забезпечити високу якість виконання робіт.

Конструктивні рішення також включають використання сендвіч-панелей із підвищеною несучою здатністю, багатошарових теплоізоляційних систем та

конструкцій зі змінною товщиною елементів для оптимізації навантажень. Застосування таких рішень дозволяє забезпечити економію матеріалів, зменшити витрати на монтаж та підвищити загальну ефективність будівельного процесу.

У таблиці 2.2 наведено приклади конструктивних рішень, які підвищують ефективність будівництва:

Таблиця 2.2 - Конструктивні рішення для підвищення ефективності будівництва

Конструктивне рішення	Основні характеристики	Вплив на ефективність
Модульні конструкції	Заводське виготовлення блоків, точна геометрія	Скорочення термінів монтажу, зменшення трудомісткості
Каркасно-панельні системи	Комбінування каркаса та панелей, інтеграція мереж	Оптимізація матеріалів, гнучкість планувань
Комбіновані конструкції	Метал + бетон/композити	Підвищення міцності, зменшення ваги елементів
Сендвіч-панелі високої несучості	Багатошарові панелі, теплоізоляція	Скорочення термінів, підвищення енергоефективності
Префабрикація із заводським монтажем	Інтеграція інженерних систем на заводі	Зменшення впливу погодних умов, висока точність виконання

Впровадження таких інноваційних матеріалів та конструктивних рішень сприяє підвищенню економічної, технологічної та екологічної ефективності будівництва. Раціональна комбінація матеріалів із відповідними конструктивними схемами дозволяє скоротити витрати на робочу силу, матеріали та енергію, зменшити терміни будівництва, підвищити якість та безпеку споруд.

Особливу увагу слід приділяти комплексній оцінці ефективності, що включає аналіз взаємозв’язку матеріалів і конструкцій. Наприклад, застосування легких бетонів у поєднанні з каркасно-панельними системами дозволяє досягти значного зниження навантаження на фундамент та економії на транспортних витратах. Використання композитних матеріалів із модульними

конструкціями дозволяє забезпечити високу швидкість монтажу та довговічність споруд.

Сучасні наукові дослідження свідчать, що інтеграція інноваційних матеріалів і конструктивних рішень є ключовим фактором підвищення ефективності будівництва, зниження витрат, скорочення термінів і підвищення якості об’єктів. Також це дозволяє досягти високих стандартів енергоефективності, екологічності та безпеки, що є актуальним у сучасній будівельній практиці.

Комплексне застосування інноваційних матеріалів і конструктивних рішень, разом із цифровізацією процесів, механізацією та роботизацією, створює умови для формування системи високоефективного будівництва, де кожний елемент — від матеріалу до монтажного рішення — оптимізований для досягнення максимального результату. Цей підхід дозволяє поєднувати економічну вигоду, технологічну ефективність та екологічну безпеку, що є ключовими критеріями сталого розвитку будівельної галузі.

2.2 Цифрові технології (BIM-моделювання, автоматизація, штучний інтелект) у забезпеченні будівельних об’єкті

У сучасному будівельному виробництві цифрові технології відіграють визначальну роль у підвищенні ефективності, точності та економічності процесів. Інтеграція інформаційних технологій, автоматизації та штучного інтелекту у всіх фазах будівництва — від проектування до експлуатації об’єкта — створює передумови для оптимізації ресурсів, скорочення термінів виконання робіт, підвищення якості будівельних виробів та забезпечення сталого розвитку галузі. Однією з ключових технологій є BIM-моделювання (Building Information Modeling), яке дозволяє створювати тривимірну цифрову модель об’єкта з повною інтеграцією інформації про матеріали, конструкції,

інженерні системи та терміни виконання робіт. BIM-технології забезпечують повну прозорість процесів, дозволяють прогнозувати потенційні проблеми ще на стадії проектування та мінімізувати ризики помилок при будівництві.

BIM-моделювання дозволяє виконувати інтегрований аналіз об’єкта, включаючи енергетичні, конструктивні та економічні аспекти. Наприклад, аналіз теплових втрат, навантажень на конструкції, вартості матеріалів та термінів доставки дозволяє оптимізувати проектні рішення, зменшити обсяги використаних ресурсів і підвищити точність планування. Крім того, цифрові моделі сприяють ефективній комунікації між усіма учасниками будівельного процесу: архітекторами, інженерами, підрядниками та замовниками. Це дозволяє уникнути дублювання робіт, знизити кількість проектних конфліктів і пришвидшити прийняття рішень.

Важливим аспектом є автоматизація будівельних процесів, що включає використання роботизованих систем для монтажу конструкцій, автоматизованих кранів, дронів для контролю виконання робіт, а також сенсорних систем моніторингу стану об’єкта. Автоматизація дозволяє зменшити трудомісткість робіт, скоротити час виконання завдань та забезпечити високу точність операцій. Наприклад, автоматизовані установки для укладання бетонних панелей дозволяють знизити ймовірність браку та підвищити рівень контролю якості. Використання дронів та сенсорних систем дозволяє вести постійний моніторинг прогресу будівництва, оцінювати рівень виконання робіт та своєчасно коригувати процеси, що значно підвищує продуктивність.

Ще одним ключовим напрямом є застосування штучного інтелекту (ШІ) у будівельній сфері. Системи ШІ дозволяють проводити прогнозування термінів виконання робіт, аналіз ризиків, оптимізацію ресурсів та енергоспоживання. Алгоритми машинного навчання здатні обробляти великі обсяги даних із будівельного майданчика, виявляти закономірності та аномалії, що дозволяє приймати управлінські рішення на основі об’єктивної аналітики. Наприклад,

ШІ може прогнозувати потребу у матеріалах, оптимізувати графіки постачання та розподіл техніки, що дозволяє уникати простоїв і зменшити витрати.

Інтеграція BIM, автоматизації та ШІ створює цифрову екосистему управління будівельним виробництвом, де всі процеси синхронізовані і контрольовані в режимі реального часу. Така інтеграція дозволяє забезпечити безперервність будівельного процесу, мінімізувати ризики невідповідності проектним рішенням, підвищити ефективність використання ресурсів та скоротити терміни реалізації проектів.

Цифрові технології також дозволяють здійснювати аналітичне моделювання будівельних процесів. За допомогою BIM і ШІ можна оцінювати різні сценарії розвитку проекту, прогнозувати витрати матеріалів і трудових ресурсів, аналізувати енергоефективність об’єкта та його вплив на навколишнє середовище. Такі інструменти дозволяють обґрунтовано вибирати оптимальні технології та конструктивні рішення ще на стадії проектування, що зменшує ризики при реалізації проекту.

Важливим аспектом є також цифровізація управління логістикою та постачанням матеріалів. Цифрові платформи дозволяють відстежувати переміщення матеріалів, контролювати терміни доставки, оптимізувати маршрути транспортування та координувати роботу постачальників і підрядників. Це дозволяє скоротити витрати на логістику, уникнути затримок і забезпечити безперервність будівельного процесу.

Особливу увагу слід приділяти інтеграції цифрових технологій із системами контролю якості та безпеки. Сенсорні системи та алгоритми ШІ дозволяють оцінювати стан конструкцій, виявляти дефекти та потенційні ризики, контролювати дотримання норм охорони праці та безпеки. Це дозволяє мінімізувати аварійні ситуації, підвищити безпеку персоналу та забезпечити надійність об’єктів.

Цифрові технології також сприяють оптимізації енергоспоживання та екологічної ефективності будівництва. BIM-моделі дозволяють оцінювати теплові втрати будівлі, розраховувати потребу у вентиляції та кондиціонуванні,

прогнозувати споживання електроенергії та інших ресурсів. ШІ забезпечує автоматичне налаштування систем управління енергією, оптимізацію використання відновлюваних джерел та мінімізацію негативного впливу на навколишнє середовище.

Інтегроване застосування цифрових технологій у будівництві дозволяє формувати цілісну систему управління проектами, де забезпечується повний контроль над всіма етапами реалізації об’єкта, включаючи проектування, постачання, монтаж, контроль якості, експлуатацію та обслуговування. Це підвищує економічну, технологічну та екологічну ефективність будівництва, скорочує терміни виконання проектів, зменшує витрати та забезпечує високу якість об’єктів.

Для наочності наведемо таблицю, що демонструє взаємозв’язок будівельних технологій і цифрових інструментів:

Таблиця 2.3 - Взаємозв’язок будівельних технологій та цифрових ІТ-рішень

Будівельна технологія	Цифрові інструменти	Основні переваги використання цифрових технологій
Модульне будівництво	BIM, автоматизовані установки	Скорочення термінів, контроль точності монтажу
Каркасно-панельні системи	BIM, сенсорні системи, ШІ	Оптимізація матеріалів, підвищення якості
Традиційне бетонне будівництво	BIM, дрони, ШІ	Контроль прогресу, мінімізація браку
Інфраструктурні об’єкти (мости, дороги)	BIM, автоматизовані крани, ШІ	Прогнозування навантажень, підвищення безпеки
Енергозберігаючі будівлі	BIM, ШІ для оптимізації енергоспоживання	Зниження витрат на енергію, підвищення екологічності

Таким чином, цифрові технології, інтегровані у будівельні процеси, формують нову парадигму управління об’єктами, де забезпечується повна прозорість, контроль та оптимізація всіх етапів будівництва. Використання BIM-моделювання, автоматизації та штучного інтелекту дозволяє значно

підвищити продуктивність, скоротити терміни реалізації проектів, знизити витрати ресурсів, підвищити якість та безпеку об’єктів. Це створює основу для сталого та високоефективного будівництва, що відповідає сучасним економічним, технологічним та екологічним вимогам.

2.3 Зарубіжний та вітчизняний досвід впровадження сучасних технологій у будівництві

У сучасному будівельному виробництві впровадження інноваційних технологій є ключовим фактором забезпечення ефективності, зниження витрат і підвищення якості об’єктів. Зарубіжний досвід демонструє, що інтеграція цифрових технологій, автоматизації, штучного інтелекту та логістичних систем дозволяє не лише скоротити терміни виконання робіт, але й забезпечити повну прозорість управління ресурсами та контроль над усіма етапами будівництва.

Наприклад, у США широко використовуються модульні будівельні системи та префабрикація, що дозволяє виготовляти великі конструктивні елементи на заводі з подальшим монтажем на майданчику. Такий підхід мінімізує вплив погодних умов, зменшує трудові витрати і скорочує час будівництва. У Нью-Йорку та Чикаго реалізовані проєкти житлових комплексів, де понад 60% конструктивних елементів виготовлялися на виробництві, а монтаж здійснювався автоматизованими кранами та роботизованими підйомниками. Впровадження BIM-моделювання дозволило проводити інтегрований аналіз проектів, прогнозувати потребу у матеріалах, планувати роботу підрядників та уникати конфліктів у проектних рішеннях.

У Німеччині досвід застосування енергоефективних та зелених технологій показує значні економічні переваги. Будівництво офісних комплексів у Берліні та Мюнхені супроводжувалося впровадженням цифрових систем управління ресурсами, автоматизованих систем енергозбереження та

інтеграцією логістичних платформ для забезпечення своєчасної доставки матеріалів. Ефективне планування та використання ресурсів дозволило знизити витрати на енергоспоживання до 35% у порівнянні з традиційними підходами та скоротити терміни будівництва на 20%.

В Японії широко застосовують роботизацію монтажу та 3D-друк конструкцій, що підвищує точність виконання робіт і безпеку праці. У Токіо реалізовано кілька житлових комплексів, де монтаж стінових панелей здійснювався роботизованими платформами, а контролювалося виконання робіт через BIM-моделі в режимі реального часу. Штучний інтелект прогнозував потребу у матеріалах, оптимізував маршрути постачання та коригував графіки робіт на основі аналітики, що дозволяло уникати простоїв.

У Південній Кореї інновації в будівництві тісно поєднані з логістикою та цифровим управлінням матеріальними потоками. Будівельні майданчики оснащені сенсорними системами, які відстежують наявність матеріалів, техніки та робочої сили. Це дозволяє координувати роботу постачальників та підрядників у реальному часі та забезпечує безперервність будівельного процесу. У Сеулі реалізовано проєкт будівництва високотехнологічного житлового комплексу, де логістика дозволяла доставляти матеріали точно у строки їх використання, що значно знизило витрати на зберігання та уникнуло затримок.

В Україні досвід впровадження сучасних технологій у будівництві формується поступово. Основними напрямами є використання BIM-моделювання, часткова автоматизація будівельних процесів, застосування сучасних матеріалів та високоефективних конструктивних рішень. Наприклад, у Києві та Харкові реалізуються проєкти житлових і промислових об’єктів із використанням цифрових платформ для планування ресурсів і контролю графіків постачання. Впровадження BIM-моделювання дозволяє забезпечити точність проектування, своєчасність поставок та підвищення продуктивності праці.

Окремо слід виділити роль логістичних систем у забезпеченні будівельних об’єктів. Ефективна організація поставок, управління транспортними потоками та оптимізація складування є критично важливими для забезпечення безперервності будівельного процесу. У зарубіжних країнах широко використовуються цифрові логістичні платформи, що дозволяють контролювати наявність матеріалів, оптимізувати маршрути доставки, прогнозувати потребу у продуктах будівництва та забезпечувати координацію роботи постачальників і підрядників.

В Україні логістика у будівництві поступово модернізується: використовуються WMS-системи для управління складськими операціями, GPS-моніторинг транспорту, цифрові платформи для планування потреб у матеріалах. Однак масштабне впровадження інтегрованих цифрових логістичних систем поки обмежене через відсутність єдиної платформи та недостатнє навчання персоналу.

Ефективна логістика дозволяє скоротити витрати на транспортування, уникнути простоїв, оптимізувати використання техніки та персоналу, а також забезпечити контроль якості матеріалів і своєчасність їх поставок. Інтеграція цифрових технологій із логістичними системами забезпечує високу організаційно-технологічну ефективність та економічні переваги, особливо у великих проєктах з високою матеріалоємністю та складними графіками виконання робіт.

Для наочності наведемо таблицю порівняння зарубіжного та вітчизняного досвіду впровадження будівельних технологій:

Таблиця 2.4 - Порівняння зарубіжного та вітчизняного досвіду впровадження будівельних технологій

Країна / Система	Основні технології	Переваги впровадження	Недоліки / Обмеження
США	Префабрикація, BIM, автоматизація	Скорочення термінів, контроль якості	Високі початкові витрати на технології
Німеччина	Енергоефективні системи, BIM	Оптимізація енерговитрат,	Потреба у висококваліфікованих

		екологічність	кадрах
Японія	Роботизація монтажу, 3D-друк, ШІ	Точність виконання, безпека праці	Висока капіталізація, складність інтеграції
Південна Корея	Інтелектуальна логістика, BIM	Безперервність процесу, оптимізація маршрутів	Потреба у сучасній IT-інфраструктурі
Україна	BIM, часткова автоматизація	Підвищення точності проектування, економія матеріалів	Обмежене використання роботизації, слабка інтеграція логістики

Важливо підкреслити, що логістичні системи є ключовим фактором ефективності будівельного процесу. Вони дозволяють планувати поставки матеріалів, оптимізувати маршрути транспортування, координувати роботу підрядників і постачальників, контролювати наявність матеріалів на майданчику та забезпечувати безперервність будівельного процесу.

Для ілюстрації наведемо таблицю застосування логістики у забезпеченні будівельних об’єктів:

Таблиця 2.5 - Застосування логістичних систем у забезпеченні будівельних об’єктів

Логістична функція	Цифрові інструменти	Вплив на ефективність будівництва
Планування потреб у матеріалах	ERP-системи, BIM, ШІ	Зменшення ризику нестачі матеріалів, оптимізація закупівель
Управління транспортуванням	GPS-моніторинг, системи маршрутизації	Скорочення часу доставки, оптимізація витрат на транспорт
Контроль складування	WMS-системи, сенсорні технології	Оптимізація зберігання, уникнення втрат матеріалів
Координація постачальників	Платформи управління ланцюгами поставок	Підвищення синхронності робіт, зменшення простоїв
Моніторинг прогресу робіт	Дрони, сенсорні системи, BIM	Оперативне управління процесами, підвищення продуктивності

В Україні одним із прикладів успішного застосування сучасних технологій є будівництво житлового комплексу «Urban Park» у Києві. Для реалізації проекту застосовувалися BIM-моделі, автоматизоване управління постачанням матеріалів, цифрові платформи для координації роботи підрядників. Використання BIM дозволило точніше прогнозувати потребу у будівельних виробах, оптимізувати графіки доставки і скоротити терміни виконання робіт на 15–20%. Платформи управління логістикою забезпечували контроль руху матеріалів, що дозволило уникнути простоїв та оптимізувати витрати на зберігання.

Ще один приклад — реконструкція промислового об’єкта на території Харкова, де застосовувалися сенсорні системи контролю складування та дрони для моніторингу виконання робіт. Дрони забезпечували регулярну фотозйомку та 3D-моделювання прогресу робіт, що дозволяло менеджерам проєкту оперативно коригувати графіки та уникати простоїв. Завдяки використанню цифрових платформ і логістичних систем загальна ефективність будівельного процесу зросла на 18%, а витрати на матеріали та транспорт — зменшилися на 12%.

Економічна оцінка впровадження сучасних технологій у будівництві свідчить про значну економію ресурсів. Так, впровадження BIM-моделювання у поєднанні з автоматизованими логістичними системами дозволяє зменшити обсяг матеріалів на 5–10%, скоротити трудові витрати на 12–15% та оптимізувати транспортні витрати на 10–12%. При масштабних проектах, де використовується високоякісна автоматизація та цифровий контроль, економічний ефект може перевищувати 20% від загального бюджету будівництва.

Зарубіжні кейси також демонструють подібні результати. Наприклад, у Німеччині на проекті будівництва енергоефективного офісного центру в Берліні впровадження цифрових логістичних платформ і BIM-моделювання дозволило зменшити витрати на будівельні матеріали на 7%, скоротити терміни виконання робіт на 18% та забезпечити високий рівень точності монтажу. У Японії

застосування роботизованих монтажних платформ та 3D-друку з використанням цифрового моделювання дозволило скоротити трудові витрати на 25% та підвищити безпеку праці.

Порівняльний аналіз ефективності показує, що ключовим фактором успіху є інтеграція цифрових технологій і логістичних систем. Саме такий підхід дозволяє оптимізувати всі етапи будівельного процесу: від проектування до постачання матеріалів, монтажу та контролю якості. Для України актуальним завданням є адаптація зарубіжних практик із урахуванням національних особливостей, ресурсної бази та законодавчої системи.

Важливим напрямом розвитку галузі є масштабне впровадження цифрових логістичних платформ, які дозволяють інтегрувати управління матеріальними потоками, транспортуванням, складським господарством і роботою підрядників у єдину систему. Це створює умови для підвищення продуктивності, скорочення термінів будівництва, оптимізації витрат на матеріали та транспорт, а також забезпечує прозорість процесів для замовників та контролюючих органів.

Перспективи розвитку будівельної галузі України включають:

1. Широке впровадження BIM-моделювання на всіх етапах проектування та реалізації будівельних об’єктів.

2. Автоматизацію ключових процесів, включаючи монтаж, постачання та контроль якості.

3. Інтеграцію штучного інтелекту для прогнозування потреб, оптимізації ресурсів та оцінки ризиків.

4. Розвиток цифрових логістичних систем, які дозволяють контролювати рух матеріалів та техніки в режимі реального часу.

5. Навчання персоналу сучасним технологіям та цифровим інструментам управління, що забезпечить високу ефективність впровадження нових рішень.

Застосування сучасних технологій та цифрових логістичних систем також сприяє підвищенню екологічної ефективності будівництва, зменшенню втрат

матеріалів і скороченню енергоспоживання. Це відповідає світовим тенденціям сталого розвитку та забезпечує конкурентоспроможність вітчизняної будівельної галузі на міжнародному ринку.

Для наочності наведемо розширену таблицю застосування логістики та цифрових технологій у зарубіжному та вітчизняному будівництві:

Таблиця 2.6 - Порівняння зарубіжних та українських практик з інтеграцією логістики та цифрових технологій

Країна / Проєкт	Технології та логістика	Економічний ефект	Соціально-технологічні переваги
США, житловий комплекс у Чикаго	Префабрикація, BIM, цифрова логістика	Скорочення термінів на 20%, зменшення витрат на 12%	Висока точність монтажу, безпека праці
Німеччина, офісний центр у Берліні	Енергоефективні системи, BIM, WMS	Зниження витрат на матеріали на 7%, терміни на 18%	Оптимізація ресурсів, екологічність
Японія, житловий комплекс Токіо	Роботизація монтажу, 3D-друк, ШІ	Зменшення трудових витрат на 25%	Підвищення безпеки, точності монтажу
Південна Корея, високотехн. житл.	Інтелектуальна логістика, BIM	Оптимізація маршрутів доставки на 15%	Безперервність будівельного процесу
Україна, ЖК «Urban Park», Київ	BIM, цифрова логістика, ERP	Скорочення термінів на 15–20%, зниження витрат на 12%	Прозорість процесів, оптимізація ресурсів
Україна, реконструкція пром. об’єкта Харків	Сенсорні системи, дрони, BIM	Підвищення ефективності на 18%	Моніторинг прогресу, контроль матеріалів

Таким чином, зарубіжний досвід демонструє високу ефективність інтеграції сучасних технологій та цифрових логістичних систем, що дозволяє оптимізувати ресурси, скоротити терміни будівництва та підвищити якість об’єктів. Вітчизняна практика поступово наближається до світових стандартів,

проте потребує подальшого розвитку у сферах автоматизації, роботизації та комплексної цифровізації логістики.

Інтеграція сучасних технологій і логістичних систем у будівництво дозволяє формувати систему високоефективного управління ресурсами, де забезпечується прозорість, контроль та оптимізація всіх етапів будівельного процесу. Це створює основу для підвищення економічної, технологічної та екологічної ефективності будівництва, скорочення витрат, підвищення продуктивності та якості об’єктів.

3 ОПТИМІЗАЦІЯ МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА ПРОМИСЛОВОЇ БУДІВЛІ У м. ЗАПОРІЖЖІ

3.1 Вирішення практичних завдань з організації будівництва промислової будівлі у м. Запоріжжі

Для забезпечення будівельного процесу передбачено використання місцевих будівельних матеріалів, конструкцій та складових елементів, транспортування яких здійснюється автотранспортними засобами по існуючих дорожніх магістралях. Вибір місцевих матеріалів обґрунтований не лише економічною доцільністю, а й скороченням транспортних витрат та оптимізацією логістичних потоків. Відстань перевезення бетонної суміші становить 16 км, тоді як інші будівельні матеріали доставляються на відстань до 30 км. Такий підхід дозволяє забезпечити безперервність постачання ресурсів та мінімізувати простої робочих бригад.

Енергетичне забезпечення будівельного майданчика передбачено шляхом підключення до існуючої довколишньої трансформаторної підстанції, що гарантує безперебійну подачу електроенергії для роботи будівельних механізмів, освітлення та обслуговуючих технологій. Водопостачання здійснюється від наявної централізованої водопровідної мережі, що забезпечує необхідний обсяг ресурсів для будівельних і санітарно-побутових потреб. Всі інженерні мережі плануються із урахуванням можливості масштабування та підключення додаткового обладнання, що дозволяє оптимізувати функціонування будівельного майданчика в процесі реалізації проекту.

Забезпечення санітарно-побутових умов для персоналу будівельного майданчика здійснюється відповідно до нормативних вимог. Тимчасові будівлі та споруди організовані з використанням уніфікованих типових секцій, що дозволяє стандартизувати умови праці та забезпечити ефективну експлуатацію

на всіх етапах будівництва. Розміщення та конструктивне рішення тимчасових об’єктів передбачає зручний доступ до матеріалів, інструментів та обладнання, а також безпечне переміщення персоналу по майданчику.

Плановий початок будівельних робіт заплановано на 5 березня 2025 року. Перед виконанням основних будівельних робіт реалізується комплекс підготовчих заходів. Він включає демонтаж існуючих споруд, розчищення та планування території, організацію інженерної підготовки майданчика, облаштування організованого водовідведення дощових стоків, будівництво тимчасових доріг і транспортних під’їздів, монтаж тимчасових інженерних мереж та створення необхідних будівель і споруд для потреб робітників. Для забезпечення високого рівня безпеки передбачені додаткові заходи, включаючи розмежування зон руху техніки, встановлення захисних огороджень та контроль дотримання правил охорони праці. Тривалість підготовчого періоду становить приблизно 1,5 місяця (35 календарних днів).

Організаційно-технологічна структура будівельного процесу передбачає максимально можливе поєднання окремих операцій у часі, що дозволяє скоротити загальний термін виконання робіт. Найбільш трудомісткі операції — монтаж монолітних конструкцій, облаштування підлог і покрівельних елементів, виконання малярних та штукатурних робіт — планується здійснювати із застосуванням засобів малої механізації. Це включає використання будівельних кранів малої вантажопідйомності, механізованих розподільників бетонної суміші, електроінструментів для обробки поверхонь та підйомних платформ для проведення монтажу конструкцій на висоті.

Особлива увага приділяється логістиці матеріально-технічного забезпечення, що включає планування поставок, оптимізацію маршрутів перевезення, управління складським господарством та координацію роботи постачальників. Впровадження цифрових систем моніторингу дозволяє відстежувати наявність матеріалів, прогнозувати потребу у ресурсах та оперативно коригувати графіки постачання. Завдяки цьому забезпечується

безперервність будівельного процесу, знижується ризик простоїв і зменшуються витрати на зберігання та транспортування матеріалів.

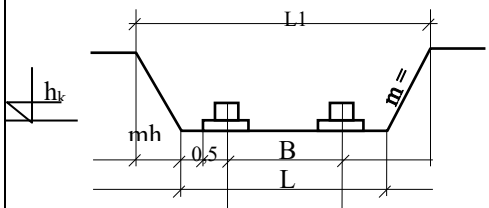
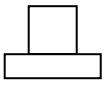
Таким чином, комплексне планування будівельного процесу, інтеграція цифрових логістичних систем, ефективне використання місцевих матеріалів та застосування малої механізації забезпечують високу продуктивність праці, раціональне використання ресурсів та дотримання норм безпеки. Це дозволяє досягти оптимальної організаційно-технологічної ефективності та скоротити загальні витрати на будівництво, підвищуючи економічну доцільність реалізації проекту.

Таблиця 3.1 – План логістики та підготовчих робіт на будівельному майданчику

Етап підготовки / Логістична функція	Основні заходи та роботи	Використовувані ресурси та технології	Термін виконання	Очікуваний результат
Демонтаж та розчищення території	Розбирання існуючих споруд, видалення сміття, вирівнювання ділянки	Будівельні крани, екскаватори, транспортні засоби	5 днів	Підготовлений майданчик для початку будівництва
Планування території та інженерна підготовка	Вирівнювання рельєфу, облаштування дренажу, організований стік дощових вод	Геодезичне обладнання, насоси, каналізаційні труби	7 днів	Зменшення ризику затоплення, готовність майданчика
Будівництво тимчасових доріг та під’їздів	Облаштування під’їзних шляхів для транспортування матеріалів	Гравій, асфальт, дорожні катки	10 днів	Забезпечення безперешкодного під’їзду техніки
Монтаж тимчасових будівель та споруд	Розміщення побутових приміщень, складів, інженерних пунктів	Уніфіковані модульні секції, каркасні конструкції	8 днів	Забезпечення санітарно-побутових умов та складування матеріалів
Підключення до	Електропостачання,	Трансформаторна підстанція,	5 днів	Функціональні інженерні

інженерних мереж	водопостачання, освітлення, тимчасові мережі	водопровід, генератори		мережі на майданчику
Організація логістики матеріально-технічного забезпечення	Планування поставок, контроль наявності матеріалів, координація постачальників	ERP-системи, GPS-моніторинг, склади	35 днів (паралельно з іншими роботами)	Безперервне постачання матеріалів, уникнення простоїв
Забезпечення безпеки та охорони праці	Розмежування зон руху, встановлення огорож, контроль дотримання норм	Сигнальні огорожі, засоби індивідуального захисту	35 днів	Мінімізація ризиків, дотримання нормативів

Таблиця 3.2 - Відомість об'ємів робіт

Найменування робіт	Одиниця вимір.	Ескіз і формула підрахунку	Об'єм робіт
1	2	3	4
1.Розробка грунту екскаватором "зворотна лопата" - у відвал - з вантаженням в автотранспорт	1000 м^3	 $V_k = \frac{h_k}{3}\left(F_н + F_в + \sqrt{F_н \cdot F_в}\right)$	0,17 0,844
2. Зрізання недобору грунту	100 м^3	Товщина 0.2м	0,17
3.Зворотна засипка і ущільнення грунту	1000 м^3	$V_{обр.зас} = V_{отв.}$	0,17
4. Забивання паль	паля		212
5. Облаштування монолітних стрічкових фундаментів	м^3		2,61
6.Гідроізоляція фундаментів : - горизонтальна; - бічна обмазувальна	100м^2		0,39 1,67
7. Кладка стін з легкобетонних каменів	м^3		120,33
8. Укладання плит перекриттів	шт		741
9. перегородки цегляні	м^2		34

10. Заповнення віконних отворів металопластиковими блоками	м^2	Ок1- 1,81х1, 81 -2шт; ОК2- 1,81х2, 41-2шт; ОК3- 1,81х2, 11- 7шт; ОК4- 1,81х0, 91-1шт	437
11. Заповнення отворів імпортними дверними блоками	м^2	Д1- 2,07х0, 91- 4шт; Д2- 2,07х0, 67 - 2шт; Д3- 2,07х1, 01-4шт; Д4-2,07х1, 31-6шт.	349,5
12. Підлога: тип1 мозаїчні; тип 2 - лінолеум тип 3 - керамічна плитка; тип 4 - бетонні;	м^2	——————— ——————— ——————— ———————	1,02 0,22 0,54 0,17
13. Штукатурні роботи	100м^2		3,38
14..Забарвлення усередині приміщень	100м^2		2,6
15. Скління	100м^2		0,437
16.Облаштування крилец	м^2		17,22
17. Зовнішнє облицювання стін панелями	100м^2		0,46
18.Облицювання цоколя гранітом	100м^2	Н= 0,6м	0,4
19. Отмостка	100м^2	1,5м навколо будівлі	0,985

3.2 Розробка календарного плану будівництва об'єкту

Календарний план виконання будівельних робіт складається у формі мережевого графіка.

Побудова мережевого графіка об’єкта здійснюється за наступною методикою:

а) виходячи з номенклатури робіт та їх трудомісткості (згідно з локальним кошторисом) та враховуючи технологічну послідовність виконання, формується топологія мережевого графіка. Роботи групуються таким чином, щоб їх могла виконати одна комплексна бригада (наприклад, монтаж монолітних фундаментів, облаштування покрівлі тощо), при цьому сумуються відповідні трудові та матеріальні витрати;

б) тривалість виконання робіт, кількість працівників на зміну та кількість змін визначаються у спеціальній картці-визначнику робіт (див. таблицю 3.3);

в) проводиться розрахунок тимчасових параметрів мережевого графіка з урахуванням встановлених тривалостей та залежностей між роботами (таблиця 3.4);

г) на основі отриманих даних формується лінійний графік виконання робіт у часовому масштабі за ранніми термінами їх початку. Після визначення щоденної потреби в робітниках складається графік завантаження ресурсів, на підставі якого розраховується коефіцієнт нерівномірності використання персоналу.

$$Кн = N\ max\ / N\ ср \leq 1,5$$

де Nmax - максимальна кількість працівників в день Nmax = 30 люд.;

Nср - середня кількість робітників в день Nср= Q / Ткр = 7749/369 = 21 люд.

Q - витрати праці в найбільш завантажену зміну; люд.-дни, Q = 8450 люд.-дн.;

Ткр - тривалість критичного шляху мережевого графіку, дні, Ткр = 369

$$Кн = 30/21= 1,43$$

Коригування мережевого графіку для досягнення більше рівномірного використання ресурсів не потрібно

Таблиця 3.3 - Розрахунок мережевого графіку

№ з/п	Коди робіт		N_{ij}	T	Ранні терміни		Пізні терміни		Резерви часу		Критич шлях	$T_{ск}$	$N_{ск}$
	i	j											
1	1	2	4	10	0	10	0	10	0	0	*	0	4
2	2	3	5	21	10	31	10	31	0	0	*	10	5
3	3	4	0	10	31	41	31	41	0	0	*	31	10
4	3	5	10	23	31	54	33	56	2	0		41	12
5	4	6	2	15	41	56	41	56	0	0	*	54	9
6	5	6	0	0	54	54	56	56	2	2		56	11
7	5	7	7	7	54	61	60	67	6	6		61	4
8	6	7	4	11	56	67	56	67	0	0	*	67	10
9	7	8	10	83	67	150	67	150	0	0	*	150	18
10	8	9	4	26	150	176	211	237	61	0		163	20
11	8	12	6	13	150	163	150	163	0	0	*	176	24
12	8	13	8	40	150	190	153	193	3	0		190	24
13	9	10	8	40	176	216	237	277	61	0		204	28
14	10	11	10	76	216	292	277	353	61	0		216	30
15	11	18	3	6	292	298	353	359	61	61		226	24
16	12	13	0	0	163	163	193	193	30	27		243	18
17	12	15	8	83	163	246	163	246	0	0	*	246	28
18	13	14	8	14	190	204	193	207	3	0		292	21
19	14	15	6	39	204	243	207	246	3	3		296	11
20	14	16	6	22	204	226	224	246	20	20		298	8
21	15	16	0	0	246	246	246	246	0	0	*	301	8
22	15	17	10	50	246	296	251	301	5	5		359	5
23	16	17	8	55	246	301	246	301	0	0	*	369	0
24	17	18	8	58	301	359	301	359	0	0	*		
25	18	19	5	10	359	369	359	369	0	0	*		

Таблиця 3.4- Потреба у будівельних машинах і механізмах

Машини і механізми	Марка, тип	Технічна характеристика	К-ть шт.	Установ. потужність двигуна, кВт (л. с.)	Терміни перебування на будмайданчику (дата)	
					початок	кінець
1	2	3	4	5	6	7
Бульдозери	Д-494А	Поворотний, довжина відвала 4,15м, висота1м	1	79кВт [108 л.с.]		
Екскаватори дизельні на гусеничному ходу	Э505	місткість ковша 0,65 м3	1	48		
Пневмотрамбовка	І-157	Витрата повітря 2м3/мін	2	-		
Каток дорожній			2			
Крани на гусеничному ходу	МКГ-16	вантажопідйомність 20 т довжина стріли 10м висота підйому 9,5м	1	79		
Кран вежа	КБ 602	вантажопідйомність 8т довжина стріли 20м висота підйому 19,5м	1	110		
Кран на гусеничному ходу	МКГ-6,3	Вантажопідйомність 6,3т довжина стріли 10м висота підйому 10м	1	55		
Установка для зварювання	ТД-300		1	20		
Компресорна установка пересувна	СО-7А	тиск до 686 кПа [7 ат], подання 2,2 м3/мін	1	4,0		
Вібратор	І-18		2	0,8		
Машина для нанесення бітумних мастик	СО-122А		1	4,9		
Розчинонасос	СО-49Б	Продуктивність 3 м3/ч	1	4,0		
Мотокатки	Д-130А	маса 5 т	1			
Підйомники щоглові будівельні	ТП-17	вантажопідйомність 0,5 т	2	2,8		
Агрегати електронасосні з регулюванням подання вручну для розчинів		подання розчинів 2 м3/ч, натиск 150 м	2	4,0		
Віброрейка	З-47		1	0,6		
Електрофарбоопульт	З-61		2	0,27		
Автомобілі бортові,	МАЗ	Вантажопідйомність до 5 т	2			
Автомобілі бортові		вантажопідйомність до 8 т	1			
Автомобілі-самоскиди		вантажопідйомність до 7 т	2			

3.3 Проектування будгенплану

Для ефективного проведення будівельно-монтажних робіт та раціонального використання території будівельного майданчика розробляється об’єктний будівельний генеральний план у масштабі 1:200. Такий підхід дозволяє забезпечити оптимальне розташування основних будівельних машин і механізмів, визначити їх взаємодію та радіус дії, що є критичним для безпечного розміщення допоміжних об’єктів і підсобного господарства. Планування з урахуванням просторових обмежень і функціональних зон дозволяє мінімізувати час на переміщення матеріалів і техніки та забезпечити безперервність будівельного процесу.

Відповідно до технологічної карти зведення каркасних конструкцій, монтаж виконують баштові крани моделі КБ 602. Відстань між будівлею та віссю руху крана визначається з урахуванням дотримання нормативної безпечної дистанції. Зона обслуговування крана формується на основі максимально можливого вильоту гака під час монтажу і становить 20 м. Для забезпечення безпеки робітників визначена небезпечна зона, що враховує потенційний виліт гака та зону падіння вантажу, збільшену на 7 м при висоті падіння до 20 м.

На будівельному генеральному плані передбачено розташування бетононасосів, компресорних установок та інших допоміжних механізмів. Подача матеріалів на покрівлю здійснюється двома щогловими підйомниками ТП-17 з вантажопідйомністю 0,5 т, які встановлюються після демонтажу баштового крана. Для цих підйомників встановлюється небезпечна зона радіусом 5 м, що забезпечує безпеку персоналу під час підйому та подання матеріалів.

Особлива увага приділяється організації транспортних потоків на майданчику. Для доставки матеріалів і конструкцій у підготовчий період облаштовано кільцеву тимчасову ґрунтову дорогу шириною 3,5 м, посилення

якої здійснено гравійною підсипкою. У зоні розвантаження матеріалів передбачено спеціальні майданчики розміром 2,5×18 м. Радіус закруглення доріг прийнято 12 м для забезпечення безпечного руху вантажного транспорту. Частини дороги, що потрапляють у зону потенційної небезпеки при переміщенні вантажів, на плані позначені штрихуванням. Для запобігання наскрізному руху транспорту через небезпечні ділянки передбачені об’їзні маршрути шириною 3,5 м та радіусом закруглення 12 м, що дозволяє організувати безпечне переміщення техніки та матеріалів.

Тимчасові будівлі та споруди на майданчику проектуються з урахуванням потреб персоналу та обсягів будівельно-монтажних робіт. Вони організовані по типових уніфікованих секціях і розраховані на максимальну кількість робітників, інженерно-технічних працівників та службовців. Розташування тимчасових будівель передбачає легкий доступ до робочих зон, матеріалів і обладнання, що підвищує ефективність організації процесу та скорочує час на переміщення ресурсів.

Важливим елементом організаційно-технологічного планування є інтеграція логістичних систем, яка включає координацію постачання матеріалів, розподіл робіт між бригадами та оптимізацію використання будівельних машин. Використання цифрових засобів моніторингу дозволяє контролювати наявність матеріалів, прогнозувати потребу у ресурсах і оперативно коригувати графіки постачання, що зменшує ризик простоїв та підвищує продуктивність робіт.

Таким чином, комплексне планування розташування обладнання, транспортних шляхів, тимчасових споруд та зон безпеки забезпечує раціональне використання будівельного майданчика, підвищує ефективність організації будівельного процесу, мінімізує ризики для персоналу та сприяє своєчасному виконанню робіт відповідно до календарного плану.

Для забезпечення нормальних умов виконання БМР і санітарно-побутових умов робітників тимчасові будівлі і споруди запроектовані по

типових уніфікованих секціях виходячи з максимальної кількості робітників, ІТР, службовців.($N_{заг} = N_{роб} + N_{ІТР} + N_{служ} + + N_{МОП}$)* 1.05 = 36 людини).

Таблиця 3.5 - Співвідношення категорій працюючих

Робітники	ІТР	Служащ.	МОН
85%	8%	5%	2%
30люд.	3 люд.	2 люд.	1люд.

При цьому жінки складають 40% - 14 люд. від максимального числа робітників, чоловіка - 60% - 22 людини.

Розрахунок площ, необхідних для тимчасових споруд і будівель, наведено у таблиці 3.6.

Їх розташування передбачене поза небезпечною зоною роботи крана. Адміністративне приміщення керівника дільниці (виконроба) розміщене біля основного в’їзду на будівельний майданчик. Побутові приміщення згруповані в єдиній зоні неподалік в’їзду, при цьому відстань до санітарного вузла не перевищує 100 м.

Склади. Планування складського господарства виконане так, щоб забезпечити найкоротший шлях транспортування будівельних матеріалів з мінімальною кількістю перевантажувальних операцій. Закриті склади розташовані поблизу межі зони обслуговування крана, а відкриті — безпосередньо всередині цієї зони. Необхідні площі для складування наведено у таблиці 3.7. Межі відкритих майданчиків передбачено на відстані 0,5–1,0 м від краю дороги. Для прийому бетону заплановано використання цебер об’ємом 1 м³ у розширеній ділянці дороги.

Таблиця 3.6 - Розрахунок необхідних площ тимчасових будівель і споруд

№ з/п	будівлі і споруди		розрахункова кількість робітників	норма площі на одного працівника м2/чел	розрахункова площа м2	розміри будови м	корисна площа м2	шифр типових проектів	тип будівлі	кількість будівель і споруд
1	Адміністративні									
1.1.	контора		5	4	20	6×2,7×2,68	14,45	420-04-38	К	2
1.2.	диспетчерська		1	7	7	6×2,7×2,68	14,45	420-04-38	К	1
2	Виробничі приміщення									
2.1.	установки змішування бетону і розчину		40	-	-	6×6,9×2,68	37,4	420-04-31	К	1
2.2.	арматурна майстерня		40	-	-	6×2,7×2,68	14,4	420-04-40	К	1
2.3.	матеріальний склад, коморка інструментів		40	-	-	12×9×3,92	70,4	420-09-16	С	1
3	Санітарно-побутові будови									
3.1	Гардероб-ные	м	24	0,5	12,0	6×2,7×2,68	14,4	420-04-21	К	1
		ж	16	0,5	8,0	6×2,7×2,68	14,4	420-04-21	К	1
3.2.	душові	м	24	0,82	19,7	9×2,7×2,6	22	420-01-6	П	1
		ж	16	0,82	13,2	9×2,7×2,6	22	420-01-6	П	1
3.3.	санвузли	м	24	0,07	1,68	6×2,7×2,68	14,43	420-04-23	К	1
		ж	16	0,14	2,24	6×2,7×2,68	14,43	420-04-23	К	1
3.4	їдальні		50	1,2	60	9×2,7×2,6	22	420-01-6	П	3
3.5.	медпункт		50	-	-	7,9×2,72×2,6	19,8	ВМ	К	1
3.6.	приміщення для обігріву працівників в зимовий час		50	0,1	5	9×3×2,65	24,4	СПД	К	1
3.8.	кімната для сушки робочого одягу		50	0,2	10	9×2,7×2,6	22	420-01-13	П	1

Таблиця 3.7 - Розрахунок необхідних площ складу

№	Найменування конструктивних елементів, матеріалів.	Ед. виміри.	Необхідне количествово будівельних Qр матеріалів	Добова норма в матеріалах Qсут	Норма запасу матеріалів на складі	Прийнятий запас матеріалів на складі Qпр	Норма складу на1м2 площі qск	Корисна площа Sпол	Коефіцієнт використання площі складу до	Розрахунок площі складу Sрасч	Прийнята площа складу	Розмір складу	Тип складу
1	балки	$м^3$	1,5	1,39	2	1,39	0,3	4,65	0,4	11,6	72	72	Відк
3	цеглина	тис. шт.	359,85	23,4	3	700	1,8	100	0,4	3			
5	стекло віконне	$м^2$	301,2	137	2	274	170	1,6	0,6	2,7	35	1 скл. 6*6 420-06-37 сборно-разборный	закр
6	рубероїд	$м^2$	1276	774	1	774	40	19,4	0,6	32,3			
7	блоки дверні	$м^2$	35,67	35,67	1	35,67	44	0,8	0,5	1,6	72	6*12 420-06-43 сборно-разборный	Навіс
8	блоки віконні	$м^2$	301,2	137	4	274	45	6,1	0,5	12,2			
9	ліс пиляний ный	$м^3$	2,1	2,1	1	2,1	1,8	1,1	0,5	2,2			
10	плита теплоизоляционная	$м^3$	2,3	1,3	3	2,5	0,1	25,48	0,5	50,69			

Інженерні мережі. Тимчасові системи водопостачання, каналізації та електропостачання прокладені на вільних ділянках території, що дозволяє мінімізувати їх довжину. Джерелом води слугує існуюча заводська мережа. Для забезпечення пожежної безпеки господарсько-питний водопровід об’єднано з протипожежним. Він складається зі сталевих труб діаметром 125 мм з двома пожежними гідрантами, розташованими на відстані не більше 150 м один від одного та 2,5 м від краю проїзної частини. Додатково передбачені протипожежні щити, бочки з піском та спеціально відведені місця для куріння. Тимчасовий водопровід закладений на глибину 0,3 м.

Електропостачання. Для тимчасового електрозабезпечення передбачена пересувна трансформаторна підстанція КТПН-72М-160, яка відповідає розрахованій потужності та працює за комбінованою схемою. Повітряна електромережа прокладена вздовж огорожі майданчика, а освітлення організовано за допомогою ліхтарів, встановлених через кожні 20 м. Крім того, у місцях монтажних робіт та на кутах майданчика передбачені прожектори на тимчасових опорах.

На генеральному плані будівництва також враховані місця для прокладки слабкострумових мереж (радіо, телефон, диспетчерський зв’язок). Упродовж усього періоду будівельних робіт територія захищається інвентарною металевою огорожею з двома контрольованими в’їздами-виїздами.

Розрахунок тимчасового водопостачання.

Розрахунок виконується на період максимального водоспоживання. Загальні витрата води складається з виробничих, господарсько-питних потреб і витрати води на душові установки.

$$Q_{общ} = Q_{пр} + Q_{х\text{-}п} + Q_{душ} \quad (3.1)$$

Виробничі потреби

Таблиця 3.8 - Витрата води в період виконання робіт "нульового" циклу

№ з/п	Найменування процесів	Од. вимір.	Добовий об'єм робіт	Питомий витрата води, л	Коефіцієнт нерівномірності потребл. води
1	Робота екскаватора з двигуном внутр. сгор.	Маш-год	6,67	15	1.5
2	Заправка екскаватора	1 маш.	2	120	1.25

$$Q^1_{пр} = \Sigma \frac{V \cdot q_1 \cdot K_1}{1000 \cdot 8.2} = \frac{6{,}67 \cdot 15 \cdot 1.5}{1000 \cdot 8.2} + \frac{2 \cdot 120 \cdot 1.25}{1000 \cdot 8.2} = 0.02 + 0.04 = 0{,}06\ м^3/год$$

Таблиця 3.9 - Витрата води при виконанні робіт надземної частини будівлі

№	Найменування процесів	Од. вимір.	Добовий об'єм робіт	Питома витрата води, л	Коефіцієнт нерівномірності споживання води
2	Цегляна кладка	тис.шт.	12,29	150	1,5
3	Поливання цегляної кладки	тис.шт.	12,29	200	1,5

$$Q^2_{пр} = \frac{12{,}29 \cdot 150 \cdot 1.5}{1000 \cdot 8.2} + \frac{12{,}29 \cdot 200 \cdot 1.5}{1000 \cdot 8.2} = 0.34 + 0{,}45 = 0{,}79\ м^3/ч$$

Таблиця 3.10 - Витрата води при виконанні обробних робіт

№	Найменування процесів	Од. виміри	Добовий об'єм робіт	Питома витрата води, л	Коефіцієнт нерівномірного споживання води
1	Штукатурні роботи	м²	111,6	7-8	1,5
2	Малярні роботи	м²	146,8	1	1,5
3	Облаштування підлог	м²	8,13	30	1,5

$$Q^3_{пр} = \frac{111{,}6 \cdot 8 \cdot 1.5}{1000 \cdot 8.2} + \frac{146{,}8 \cdot 1 \cdot 1.5}{1000 \cdot 8.2} + \frac{8{,}13 \cdot 30 \cdot 1{,}5}{1000 \cdot 8{,}2} = 0.163 + 0.05 + 0.03 = 0{,}243\ м^3/ч$$

$Q_{пр} = \max\{Q^1_{пр}; Q^2_{пр}; Q^3_{пр}\} = 0{,}79\ м^3/ч$

Витрата води на господарсько-питні потреби.

$$Qх\text{-}п = \frac{N_{общ} \cdot q_2 \cdot K_2}{1000 \cdot 8.2} = \frac{43 \cdot 25 \cdot 2}{1000 \cdot 8.2} = 0.24\ м^3/ч$$

$N_{общ}$ - загальна к-ть працівників;

q_2 - питома витрата води на 1 людину ($q2$ =25 л);

$К_2$ - коефіцієнт годинної нерівномірності споживання води ($К_2$ =2);

Витрата води на душові установки

$$Q_{душ} = \frac{N_1 \cdot q_3 \cdot K_3}{1000 \cdot t} = \frac{11 \cdot 30 \cdot 1}{1000 \cdot 0.75} = 0.4 \text{ м}^3/\text{ч};$$

де N_1 = 30% від N_{max} =0.3·37 = 10 люд - кількість робітників що миються в душі після зміни (t = 0.75 години);

q_3 = 30 л – питомий розхід води на 1 людину;

$К_3$ = 1 – коефіцієнт часового нерівномірного водоспоживання.

Загальна витрата води складе:

$Q_{общ}$ = 0,79 +0,24 + 0,4 = 1,43 м³/ч

Витрата води на протипожежні потреби складає 10 л/сік або 36 м³/ч при площі будівельного майданчика до 30 га .

За даними витрати води визначуваний діаметр труби :

$$D = \sqrt{\frac{4Q_{расх}}{\pi \cdot V \cdot 3600}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 36{,}715}{3.14 \cdot 1.2 \cdot 3600}} = 0.104 \text{ м}$$

$Q_{общ}$ = 1,43м³/ч

$Q_{расч}$ = max

Qпож + 0,5 Qобщ = 36 + 0,715 = 36,751 м³/ч

π = 3,14

υ = 1.2 м/с - швидкість води в трубах

Приймаємо діаметр тимчасового водопроводу рівним 125 мм.

Таблиця 3.11- Розрахунок необхідної потужності трансформатора

№	Споживач	Од. вимір.	К-ть	Пит..витрати електро-енергії, кВт	Коеф-т попиту К	Коеф-т потужності, cosφ	Потріб на потужність, кВА
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Виробничі потреби							
1	Вібратор І-18	шт	2	0,8	0,1	0,4	0,40
2	Розчинонасос З- 485	шт	1	2,2	0,6	0,7	1,89
3	Кран КБ100.3	шт	1	110	0,3	0,5	66
4	Компресорна установка СО-7А	шт	1	1	0,6	0,7	0,86

5	Агрегати електронасосні	шт	2	4,0	0,1	0,4	2
6	Машина для нанесення бітумних мастик СО-122А	шт	2	4,9	0,1	0,4	2,45
7	Эл. Зварювальний трансформатор	шт	2	20	0,35	0,4	35
8	Щогловий підйомник ТП-17	шт	2	2,8	0,6	0,7	2,4
						Разом	114,57
2. Електроосвітлення							
2.1 внутрішнє							
1	Побутові приміщення	м²	131,7	0.012	0.8	1	1,263
2	Конторські приміщення	м²	58,4	0.015	0.8	1	0.7
3	Склади	м²	119,4.8	0.007	0.35	1	0.292
4	Майстерні	м²	24,48	0.013	0.3	0.65	0.15
5	Територія будівлі, що будується	м²	1350	0.00012	0.8	1	0,13
						Разом	2,535
2.2 зовнішнє							
1	Майданчики виробництва бетонних робіт	100 м²	21.16	0.08	1	1	1.7
2	Освітлення відкритих складів	100 м²	3.78	0.0	1	1	3.02
3	Територія будівельної площ.	100 м²	104.04	0.015	1	1	1.6
4	Внутрішньомайданчикових доріг	1Км	0.318	2.5	1	1	0.8
5	Аварійне освітлення проходів	100 м	2.09	0.37	1	1	0.8
						Разом	7.92
						Всього	125,1

Необхідна потужність трансформатора

Ртр =1.1(Σ $\frac{P_n \cdot K_1}{\cos\varphi} + \sum \frac{P_T \cdot K_2}{\cos\varphi}$ +РонКЗ + Pob КЧ)= 1,1 · 125,1 = 137,61 кВА

Приймаємо пересувну трансформаторну підстанцію КТПН-72М- 160.

3.4 Техніко-економічні показники

1. Тривалість будівництва	369 днів
2. Вартість БМР	7132,54 тис.грн.
3. Трудовитрати на об'єкті -	115,213 тис люд-год
4. Витрати праці на 1м³ будівлі	1,14 люд. дн.
5. Денне вироблення на 1рабочего	1065,8 грн.
6. Коефіцієнт використання робітників по кількості	К=1.48 < 1.5
7. Показники будгенплану :	
7.1 протяжність:	
- доріг	425 м
- тимчасового водопроводу	155 м
- електрично мережі	527 м
- каналізації	105 м
- телефон	38 м

7.2 Коефіцієнт використання території будівництва

К= $\frac{S_{ЗАСТР}}{S_{стр-пл}} = \frac{S_{ЗД} + S_{взие} + S_{ljh} + S_{скл.}}{S_{стр.пл}} = 58\ \%.$

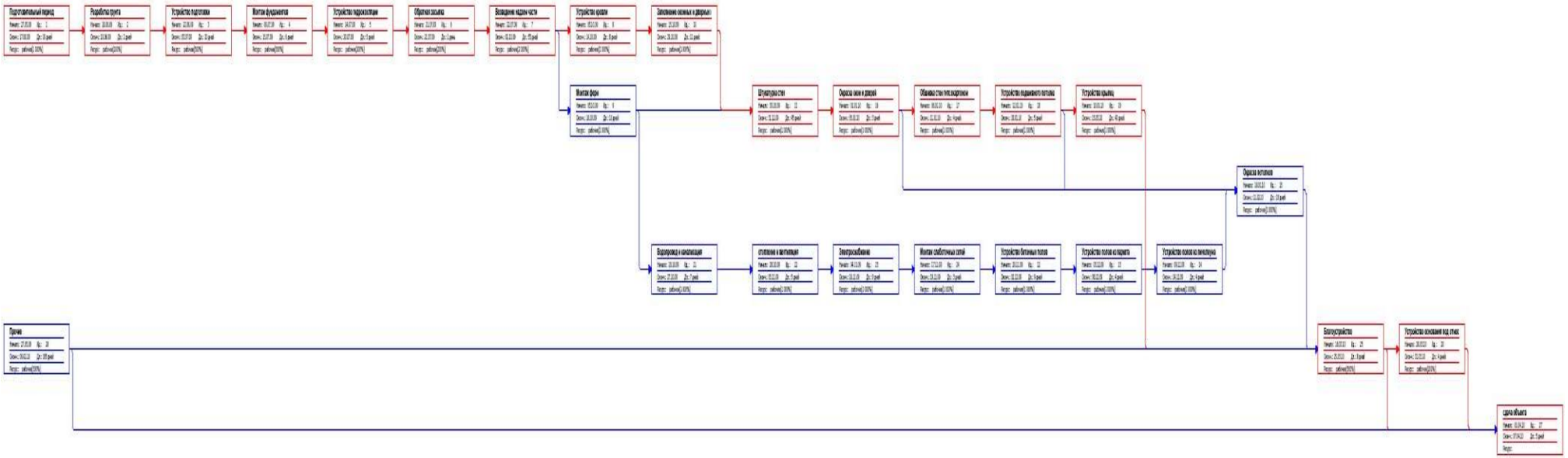


Рисунок 3.1 – Мережевий (сітьовий графік) виконаний в програмі Project

3.5 Оптимізація організаційних процесів будівництва на основі логістичних підходів

У межах дослідження було здійснено аналіз та узагальнення логістичних інструментів, що ґрунтуються на сучасних концепціях логістики та спрямовані на підвищення ефективності організаційних рішень при спорудженні адміністративно-побутового комплексу у місті Запоріжжі. Основними розглянутими напрямами є такі концепції:

Концепція «Just in Time» («точно вчасно») — сучасний підхід до формування логістичних систем у виробництві, постачанні та розподілі матеріальних ресурсів. Сутність цієї концепції полягає у чіткій синхронізації потоків постачання з реальними потребами будівельного процесу. Це дозволяє уникнути створення надмірних запасів і мінімізувати витрати. Ключові аспекти її реалізації включають:

- • оптимальну організацію та збалансованість виробничих операцій;
- • всебічний контроль якості на всіх етапах виготовлення та застосування матеріалів;
- • довгострокову співпрацю лише з надійними постачальниками й транспортними компаніями;
- • високий рівень професійної відповідальності та дисципліни персоналу.

MRP-системи (Material Requirements Planning) — орієнтовані на управління матеріалами, напівфабрикатами й елементами конструкцій, необхідними для виконання будівельно-монтажних процесів. Головними завданнями цих систем є:

- забезпечення своєчасної потреби у матеріалах, компонентах та конструкціях для планування виробництва та доставки;
- підтримання мінімально можливого рівня запасів ресурсів, незавершеного виробництва та готових елементів;

- формування виробничих планів, графіків транспортування й закупівель.

Виконання зазначених завдань забезпечує безперервний та контрольований рух матеріальних ресурсів, необхідних для будівництва.

Концепція «безперервного поповнення запасів» (Continuous Replenishment, CR) — модернізований варіант системи «швидкого реагування», який спрямований на усунення потреби в постійних замовленнях для відновлення залишків продукції. Її головна мета полягає у створенні дієвого механізму постійного поповнення запасів у торгових точках чи на складах. Подальшою еволюцією CR стала концепція «автоматизованого поповнення запасів» (Automatic Replenishment, AR), яка дозволяє максимально автоматизувати управління матеріально-технічним забезпеченням.

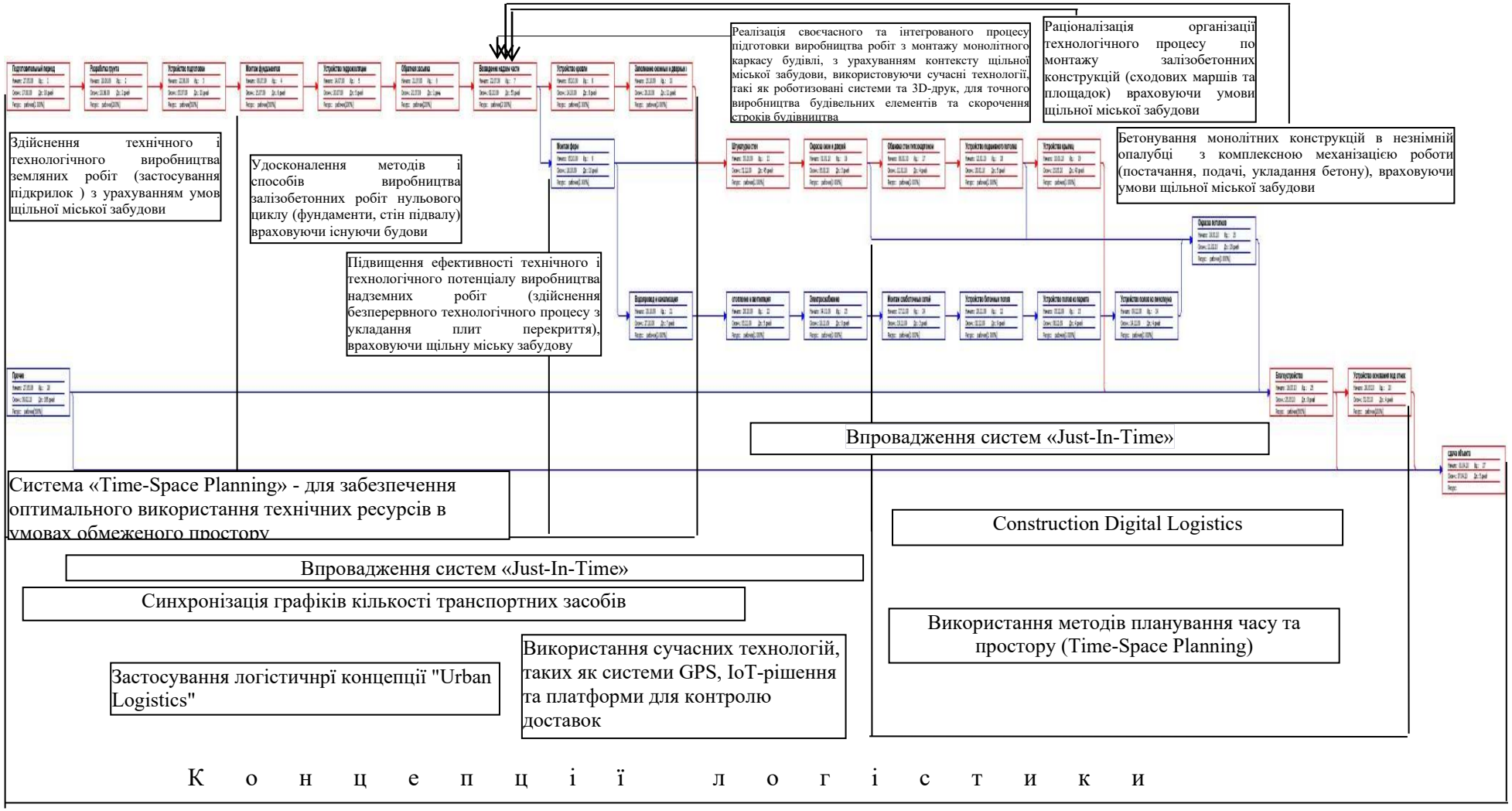


Рисунок 3.2 – Удосконалення організаційних процесів використовуючи концепції логистики

Таблиця 3.12 - Розрахунок мережевого графіку з урахуванням логістичних підходів

Номер роботи	Початок роботи	Кінець роботи	Ресурс	Тривалість	Раніше початок	Раніше закінчення	Пізнє початок	Пізнє закінчення	Загальний резерв, R	Приватний резерв
1	1	2	40	25	0	25	0	25	0	0
2	2	3	16	2	25	27	25	27	0	0
3	2	57	6	14	25	39	25	39	0	-12
4	3	4	16	10	27	37	27	37	0	0
5	3	30	16	2	27	29	27	29	0	0
6	4	5	12	3	37	40	37	40	0	0
7	5	6	12	2	40	42	40	42	0	0
8	6	7	10	2	42	44	42	44	0	0
9	6	8	10	1	42	43	42	43	0	0
10	7	9	10	2	44	46	44	46	0	0
11	7	10	4	1	44	45	104	105	60	0
12	8	11	4	3	43	46	48	51	5	5
13	8	3	0	0	43	43	43	43	0	8
14	9	11	10	5	46	51	46	51	0	0
15	10	14	4	1	45	46	105	106	60	0
16	11	12	8	14	51	65	51	65	0	0
17	11	13	10	3	51	54	77	80	26	0
18	11	35	0	0	51	51	125	125	74	0
19	12	15	10	5	65	70	65	70	0	0
20	13	16	8	4	54	58	80	84	26	26
21	14	17	4	1	46	47	106	107	60	0
22	15	16	22	14	70	84	70	84	0	0
23	16	18	10	5	84	89	84	89	0	0
24	16	19	10	3	84	87	102	105	18	0
25	16	21	12	10	84	94	117	127	33	0
26	17	22	8	1	47	48	107	108	60	0
27	18	20	8	14	89	103	89	103	0	0
28	19	23	4	3	87	90	105	108	18	18
29	20	23	10	5	103	108	103	108	0	0
30	21	28	15	27	94	121	127	154	33	33
31	21	43	0	0	94	94	151	151	67	67
32	22	23	0	0	48	48	108	108	60	60
33	23	24	8	14	108	122	108	122	0	0
34	23	25	10	3	108	111	132	135	24	0

35	24	26	10	5	122	127	122	127	0	0
36	25	27	4	3	111	114	125	128	24	24
37	26	27	8	11	127	138	127	128	0	0
38	27	28	8	16	138	154	138	144	0	0
39	27	55	15	23	138	161	138	151	0	-7
40	28	29	0	0	154	154	151	154	0	0
41	28	49	0	0	154	154	154	154	0	0
42	29	57	5	5	154	159	154	159	0	-5
43	30	31	16	5	29	34	29	34	0	0
44	31	32	5	3	34	37	34	37	0	0
45	32	33	12	2	37	39	37	39	0	0
46	33	34	10	5	39	44	39	44	0	0
47	33	35	10	3	39	42	122	125	83	9
48	34	36	8	14	44	58	44	58	0	0
49	35	37	4	3	51	54	125	128	74	9
50	36	37	10	5	58	63	123	128	65	0
51	36	38	4	2	58	60	58	60	0	0
52	37	39	8	14	63	77	128	132	65	0
53	37	40	10	3	63	66	140	140	92	0
54	38	42	4	2	60	62	160	162	0	4
55	39	41	10	5	77	82	142	140	65	0
56	40	43	4	3	66	69	240	240	92	92
57	41	43	8	14	82	96	340	340	65	65
58	42	46	4	2						
59	43	45	10	3						
60	43	49	12	10						
61	43	44	10	5						
62	44	47	8	14						
63	45	48	4	8						
64	46	50	4	2						
65	47	48	10	5						
66	48	51	8	14						
67	48	52	10	3						
68	49	54	15	27						
69	50	51	0	0						
70	51	53	10	5						
71	52	53	4	3						
72	53	54	8	11						
73	54	28	0	0						
74	54	57	8	12						
75	55	56	15	23						
76	56	57	0	0						
77	57	58	10	15						

Таблиця 3.13 – Порівняння традиційних методів та із застосуванням концепцій логістика

№ п/п	Найменування показника	традиційних методів	застосуванням концепцій логістика
1	Тривалість	369	340
2	Скорочення кількість людей	На 15%	
3	Скорочення собівартості БМР → Вартості об’єкту	На 25%	

ВИСНОВКИ

- Дослідження показало, що в Україні спостерігається поступовий перехід від традиційних методів організації будівництва до цифровізованих, автоматизованих систем управління. Однак рівень впровадження таких технологій ще суттєво відстає від провідних країн ЄС та США, де активно використовуються BIM-технології, системи штучного інтелекту та автоматизоване планування ресурсів (ERP, MRP II).
- Було здійснено поглиблений аналіз теоретичних напрацювань, нормативної бази та наукових досліджень у сфері оптимізації матеріально-технічного забезпечення будівельного виробництва. Доведено доцільність інтеграції принципів логістики, що забезпечує підвищення ефективності постачання ресурсів і скорочення трудових витрат орієнтовно на 25%. Логістичний підхід у будівництві набуває дедалі більшого поширення. За кордоном активно використовуються інтегровані логістичні системи управління потоками матеріалів, техніки та інформації. В Україні такі підходи лише формуються, що зумовлює необхідність удосконалення організаційно-технологічних процесів через впровадження логістичних принципів — системності, інтеграції, гнучкості та оптимізаці
- Виконано дослідження архітектурно-конструктивних рішень промислового об’єкта у місті Запоріжжі, яке включало аналіз об’ємно-планувальної структури, конструктивних елементів, а також проведення теплотехнічних розрахунків зовнішніх стін і горищного перекриття.
- Удосконалено організаційні процеси шляхом впровадження оптимізованої системи матеріально-технічного забезпечення під час зведення промислової будівлі в місті Запоріжжі.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Арутюнян І. А. Організація та управління будівельним комплексом на основі логістичних моделюючих умов: монографія. Запоріжжя: ЗДІА, 2013. 263 с.

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

3. Арутюнян І.А., Данкевич Н.О. Логістичні аспекти забезпечення будівельних об'єктів : навч. метод. посібник. Запоріжжя: ЗНУ, 2019. 153с.

4. Арутюнян І. А. Будівельна логістика як альтернатива розвитку виробничого кластеру будівельної галузі. *Мости та тунелі: теорія,* дослідження, практика. 2019. № 16. С. 6-13.

5. Арутюнян І. А. Будівельна логістика як альтернатива розвитку виробничого кластеру будівельної галузі. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2019. № 16. С. 6-13.

6. Arutiunian I., Dankevych N., Arutiunian Y., Saikov , Poltavets M. Innovative models of choice and substantiation of adoption of optimal organizational-technological decisions of construction production. *Journal of Critical Reviews*. 2020. № 7(014). С. 506-508. URL: http://dx.doi.org/10.31838/jcr.07.14.87.

7. Арутюнян І. А., Полтавець М. О., Бондар О. А., Анін В. І., Павлов Ф. І. Structural Information Management of Production Systems in Construction. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*.. 2020. Т. 9. № 4. С. 4794-4797. URL: http://www.warse.org/IJATCSE/static/pdf/file/ijatcse87942020.pdf. (SCOPUS)

8. Арутюнян І. А., Данкевич Н. О., Сайков Д. В., Арутюнян Є. Е., Полтавець М. О., Фролов Д. . Development of a mathematical model for selection and rationale for making optimal construction decisions. *Advances in Mathematics: Scientific Journal*. 2020. Т. 9. № 12. С. 10649-10659.
URL: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57218797273. (SCOPUS)

9. 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.

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

11. Arutiunian I. ., Radkevic A. ., Kuznetsov V. ., Kovalenk M. ., Skrzyniarz M. . Setting Dynamic Problem of Logistic Support of Building Objects by Material Resources Taking into Account Random Factors Affecting Transportation Timing. *Transport Means 2021.Proceedings of 25th International Scientific Conference.*. 2021. № 111. С. 1080-1084. URL: https://transportmeans.ktu.edu/wp-content/uploads/sites/307/2018/02/Transport-Means-2021-Part-III.pdf. (SCOPUS).

12. Бедрій Я.І., Тарнавський Є.М. Основи логістики: навч. посібник. Київ: Гельветика, 2019. 260 с.

13. Бєлугін В.С. Управління будівельними організаціями в умовах ринкової економіки. Будівництво України . 2005.№5. С. 13–15.

14. Волков В.П., Пшінько О.М., Павлов І.Д., Арутюнян І.А. Управління логістичними системами: навчальний посібник. Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2012. 259 с.

15. Воркут Т.А. Наукові основи управління логістичними системами в проектах розвитку ланцюгів постачань: дис. д-ра наук: 05.13.22. 2007. 473с.

16. ДБН А.3.1-5-2016. Управління, організація і технологія: Організація будівельного виробництва. [Чинний від 2016–05–05]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2016. 49 с.

17. ДСТУ 8302:2015 Бібліографічні посилання. Загальні положення та правила складання. [Чинний від 2016-07-01] Вид. офіц.. Київ: ДП «Укр НДНЦ», 2016.20 с.

18. ДСТУ 3008-2015 Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення. [Чинний від 2017-07-01] Вид. офіц.. Київ: ДП «Укр НДНЦ», 2016.31 с.

19. Дадиверина Л.Н., Шостак Р.С. Основы логистики в организации производства: учебное пособие. Днепропетровск: Пороги, 2012. 166с.

20. Денисенко М.П., Левковець П.Р., Михайлова Л.І. Організація та проектування логістичних систем: підручник. Київ: Цент учбової літератури, 2010. 336 с.

21. Кальченко А. Г. Логістика : підручник. Київ : КНЕУ, 2003. 284 с.

22. Кірнос В.М. Розробка та аналіз планів реалізації будівельних проектів методами моделювання послідовності виконання БМР: посібник. Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2000. 256 с.

23. Логістика: навч. посіб. О.М. Тридід, Г.М. Азаренкова, С.В. Мішина, І.І. Борисенко. Київ: Знання, 2008. 566 с.

24. Марчук Т.С. Системний підхід до визначення конкурентноздатності будівельної організації. Формування ринкових відносин в Україні: Наук. зб. Вип. 4. Київ : НДЕІ, 2009. С.130-133.

25. Минко Л. М., Коротуха К. М. Методи управління логістичними витратами. *Ефективна економіка*. № 1. ДДВЕУ: ДК «Центр», 2016. С. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2016_1_41.

26. Наукові основи розвитку будівельної галузі України: монографія / В. А. Банах, І. Д. Павлов, А. В. Радкевич та ін.; ред. І. А. Арутюнян. Запоріжжя : ЗДІА, 2017. - 460 с.

27. Онищук Г.І. Економічна ефективність науково-технічної діяльності та джерела фінансування науки в будівельній галузі. Зб. мат. всеукраїнської науково-практичної конференції «Будівельна наука в системі забезпечення ефективної роботи будівельної галузі України». Київ : АБУ, 2010. С. 40-49.

28. Окландер М.А. Логістична система підприємства: монографія. Одеса: Астропринт, 2004. 312с.

29. Організація будівництва: посібник. С.А. Ушацький, Ю.П. Шейко, Г.М. Тригер та ін. Київ: Кондор, 2007. 521 с.

30. Павлов И. Д. Модели управления проектами: учеб. пособие. Запорожье.: ЗГИА, 1999. 316 с.

31. Павлов І.Д., Арутюнян І.А., Терех М.Д., Павлов Ф.І. Виробнича база будівництва: навчально-методичний посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 2009. 240с.

32. Павлов И.Д. Модели управления проектами: учеб. пособие. Запорожье.: ЗГИА, 1999. 316с.

33. Павлов И.Д. Оптімальні моделі організації будівельного виробництва: посібник. Київ:ІСДО, 1993. 220с.

34. Родіонова В.М., Федоркова Н.В. Оптимізація матеріальних потоків у виробничо-збутовій системі: посібник. Віница: Видавництво ВНТУ, 1999. 169 с.

35. Радкевич А.В., Павлов І.Д. Багатоцільові моделі організації капітального відновлення об'єктів: монографія. Дніпропетровськ, 2003. 225с.

36. Рогожин П.С., Гойко А.Ф. Економіка будівельних організацій: посібник. Київ: Видавничий дім „Скарби", 2001. 448с.

37. Смиричинський А. Смиричинський В., Мартинюк В. Логістичний менеджмент у будівництві: монографія. Тернопіль «ЗБРУЧ», 2006. 262с.

38. Скоробогатова Т.Н. Логистика: учебное пособие: 2-е изд. Симферополь: ООО «ДиАйПи», 2005. 116 с

39. Торкатюк В.И. Организационно-технологические решения в многоэтажном каркасном строительстве: учебник. Харьков: Высш. школа. 1986. 160с.

40. Тридід О.М., Азаренкова Г.М., Мішина С.В., Борисенко І.І. Логістика: навч. посіб. Київ: Знання, 2008. 566с.

41. Тюріна Н. М., Гой І. В., Бабій І. В. Логістика : навч. посіб. Київ: «Центр учбової літератури», 2015. 392 с.

42. Ушацький С.А. Організація будівництва. Київ: Кондор, 2007. 521с.

43. Федоренко В.Г. Інвестиції в Україні. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: наук. зб. – Вип.8. Київ : КНУБА, 2000. С. 237-244.