

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: Будівельний
Випускова кафедра: Економіки будівництва
Ступінь вищої освіти: Магістр
Спеціальність: 051 Економіка
Освітня програма: Економіка підприємства

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
економіки будівництва
Сергій СТЕЦЕНКО
«15» жовтня 2024 року

**З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР**

Пагарського Олексія Артемовича

(прізвище, ім'я та по батькові здобувача)

1. Тема роботи Управління й економічне оцінювання ресурсно-логістичного забезпечення будівництва за допомогою природніх алгоритмів
затверджена наказом ректора КНУБА № __ від «__» листопада 2024 року

2. Керівник роботи

Титок Вікторія Вікторівна, кандидат економічних наук, доцент

(прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Термін подання здобувачем роботи до захисту 25.11.2024 р.

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Розділ. 1. Теоретико-методологічні передумови ресурсно-логістичного забезпечення будівництва

Розділ. 2. Система ресурсно-логістичного забезпечення будівництва ТОВ «Лубнижитлобуд»

Розділ. 3. Рекомендації щодо удосконалення системи ресурсно-логістичного забезпечення будівництва ТОВ «Лубнижитлобуд»

5. Графічний матеріал за розділами

Р. 1. _____

Р. 2. _____

Р. 3. _____

6. Консультанти розділів кваліфікаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		дата	підпис
Розділ 1.			
Розділ 2.			
Розділ 3.			

7. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1. Теоретико-методологічні передумови ресурсно-логістичного забезпечення будівництва	15.10.2024
Розділ 2. Система ресурсно-логістичного забезпечення будівництва ТОВ «Лубнижитлобуд»	29.10.2024
Розділ 3. Рекомендації щодо удосконалення системи ресурсно-логістичного забезпечення будівництва ТОВ «Лубнижитлобуд»	12.11.2024
Остаточне оформлення роботи	19.11.2024
Направлення роботи для перевірки на плагіат	26.11.2024
Попередній захист роботи на випусковій кафедрі	27.11.2024
Направлення роботи на рецензування	27.11.2024

8. Дата видачі завдання 01.10.2024 р.

Керівник

(підпис)

Вікторія ТИТОК

Здобувач

(підпис)

Олексій ПАГАРСЬКИЙ

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Будівельний факультет
Кафедра економіки будівництва

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР**

на тему: Управління й економічне оцінювання ресурсно-логістичного
забезпечення будівництва за допомогою природніх алгоритмів

Пагарський Олексій Артемович

Київ 2024 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Будівельний факультет
Кафедра економіки будівництва

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
економіки будівництва

Сергій СТЕЦЕНКО

15 жовтня 2024 року

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР**

Управління й економічне оцінювання ресурсно-логістичного забезпечення
будівництва за допомогою природніх алгоритмів
(назва)

Я як здобувач вищої освіти КНУБА розумію і підтримую політику закладу з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач Пагарський Олексій
Артемович
Спеціальність 051 Економіка
Освітня програма Економіка
підприємства
Група зЕПм-23

Керівник: Титок Вікторія Вікторівна
кандидат економічних наук, доцент

Рецензент: Зінченко Мирослава
Михайлівна

Ідентичність підтверджую

Київ 2024 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ I. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ РЕСУРСНО-ЛОГІСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА.....	10
1.1. Вплив системи ресурсно-логістичного забезпечення на параметри будівництва.....	10
1.2. Генеза та напрямки наукового пошуку в області ресурсно- логістичного забезпечення будівництва.....	19
1.3. Методичний інструментарій ресурсно-логістичного забезпечення будівництва.....	28
Висновки до першого розділу.....	42
РОЗДІЛ 2. СИСТЕМА РЕСУРСНО-ЛОГІСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА ТОВ «ЛУБНИЖИТЛОБУД».....	44
2.1. Діяльність девелоперської компанії ТОВ «Лубнижитлобуд» на ринку Полтавської обл.	44
2.2 Аналіз фінансового стану ТОВ «Лубнижитлобуд».....	49
2.3. Ресурсно-логістичне забезпечення будівництва як інструмент управління витратами.....	58
2.4. Аналіз логістичної діяльності ТОВ «Лубнижитлобуд».....	64
Висновки до другого розділу.....	76
Розділ 3. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ РЕСУРСНО-ЛОГІСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА ТОВ «Лубнижитлобуд».....	79
3.1. Управління постачанням матеріалів на об'єкт на прикладі доставки бетону на об'єкти ТОВ «Лубнижитлобуд».....	79
3.2. Оптимізація постачання бетону на об'єкти ТОВ «Лубнижитлобуд».....	90
3.3. Шляхи удосконалення логістичних процесів ТОВ «Лубнижитлобуд».....	99
Висновки до третього розділу.....	107
ВИСНОВКИ.....	110
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	113

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Сучасна будівельна галузь стикається з численними викликами, серед яких: висока конкуренція, обмеженість ресурсів, вимоги до якості та екологічної відповідальності, а також потреба в зниженні витрат. Одним із ключових аспектів успішного управління будівництвом є забезпечення ефективного ресурсно-логістичного забезпечення, яке охоплює постачання матеріалів, управління транспортом і координацію робіт.

Ручне або стандартне планування часто не дозволяє враховувати всі фактори, що впливають на логістику будівництва, особливо за умов динамічних змін ринку чи проектних параметрів. Використання природних алгоритмів (генетичних алгоритмів, мурашиних колоній, методу рою частинок тощо) у процесах управління дозволяє знайти оптимальні рішення навіть у складних багатофакторних задачах, таких як розподіл обмежених ресурсів, оптимізація маршрутів доставки, мінімізація витрат часу та фінансових ресурсів.

Будівництво вимагає інтеграції великої кількості процесів: постачання матеріалів, підготовки робіт, організації праці та контролю за виконанням. Неefективне управління логістикою призводить до перевитрат, простоїв і недотримання строків.

Традиційні методи оцінювання та управління ресурсно-логістичним забезпеченням мають обмеження у швидкості, точності та гнучкості. В умовах динамічних змін проектів вони не завжди забезпечують адекватні рішення.

Інформація, яку потрібно враховувати під час управління будівництвом, постійно зростає. Природні алгоритми, натхненні поведінкою біологічних систем, здатні ефективно обробляти великі обсяги даних і швидко адаптуватися до змін.

Оптимізація ресурсно-логістичного забезпечення дозволяє скоротити витрати, знизити обсяги використання природних ресурсів та зменшити

викиди, пов'язані з транспортними операціями. Це відповідає сучасним тенденціям сталого розвитку та екологізації бізнесу.

Природні алгоритми демонструють високу ефективність у вирішенні логістичних задач у різних галузях (виробництво, транспорт, ІТ). Їх використання у будівництві дозволить автоматизувати складні процеси і підвищити конкурентоспроможність компаній.

Дослідження питань управління й економічного оцінювання ресурсно-логістичного забезпечення будівництва за допомогою природних алгоритмів дозволяє вирішити такі завдання: розробити моделі оптимізації постачання матеріалів і транспортних маршрутів, забезпечити зниження витрат за рахунок оптимізації використання ресурсів, покращити адаптивність планування в умовах невизначеності, запровадити новітні інструменти аналізу й прогнозування логістичних процесів.

Тема є актуальною, оскільки поєднання сучасних математичних методів (природних алгоритмів) із практичними завданнями будівництва відкриває нові можливості для підвищення ефективності галузі. Це сприяє досягненню економічної вигоди, екологічної відповідальності та довгострокового сталого розвитку.

Мета атестаційної роботи. Розробка теоретичних та практичних підходів до управління й економічного оцінювання ресурсно-логістичного забезпечення будівництва на основі природних алгоритмів для підвищення ефективності логістичних процесів і оптимізації використання **ресурсів**.

Для досягнення поставленої мети у роботі вирішуються наступні завдання:

1. Визначити теоретичні основи управління ресурсно-логістичним забезпеченням у будівництві та його значення для підвищення ефективності будівельних проєктів.

2. Оцінити вплив існуючих методів управління ресурсами на економічні результати будівельних підприємств.

3. Дослідити можливості використання природних алгоритмів (генетичних алгоритмів, методу рою частинок, мурашиних колоній тощо) у вирішенні задач оптимізації ресурсно-логістичного забезпечення.

4. Розробити модель оптимізації логістичних процесів на основі природних алгоритмів.

5. Провести економічне оцінювання ефективності запропонованої моделі на прикладі конкретного будівельного підприємства.

6. Надати практичні рекомендації щодо впровадження природних алгоритмів у систему управління логістикою будівельних проєктів.

Об'єктом дослідження Процеси управління ресурсно-логістичним забезпеченням будівництва в умовах динамічного середовища.

Предметом дослідження Методи та інструменти оптимізації ресурсно-логістичного забезпечення будівництва із застосуванням природних алгоритмів, спрямовані на підвищення ефективності використання ресурсів і зниження витрат.

Методи дослідження. При виконанні роботи використано такі методи: аналіз та синтез – для дослідження теоретичних основ управління ресурсно-логістичними процесами, економіко-математичне моделювання – для розробки моделі оптимізації логістичних процесів із використанням природних алгоритмів, програмування та алгоритмізація – для створення алгоритмічної реалізації природних алгоритмів (наприклад, генетичних алгоритмів чи алгоритму мурашиних колоній), системний підхід – для комплексного дослідження логістичних процесів у будівництві, методи економічного аналізу – для оцінки ефективності запропонованої моделі оптимізації, емпіричні методи – для перевірки розробленої моделі на реальних даних підприємств.

Інформаційну базу дослідження складають наукові праці та літературні джерела, присвячені управлінню ресурсами та логістикою у будівництві, публікації з математичного моделювання та застосування природних алгоритмів у логістичних процесах, нормативно-правові

документи, що регулюють будівельну діяльність та логістичні операції, внутрішні дані будівельних підприємств щодо витрат ресурсів, транспортної логістики та економічних показників, статистичні дані та аналітичні матеріали будівельної галузі.

Практична значущість дослідження. Результати дослідження мають практичне значення для будівельних підприємств, оскільки дозволяють підвищити ефективність управління ресурсами і логістикою завдяки використанню сучасних алгоритмічних підходів, знизити витрати на транспортування, зберігання та використання матеріалів, скоротити строки реалізації будівельних проєктів за рахунок оптимізації логістичних процесів, забезпечити адаптивність управлінських рішень до змін у будівельному середовищі, творити основу для впровадження інноваційних технологій у систему логістики будівельної галузі.

Апробація результатів дослідження. Основні положення і результати магістерського дослідження доповідалися на Міжнародному науково-технічному форумі «Архітектура, Будівництво, Дизайн: Технологія, Енергетика, Менеджмент» (м. Київ, 16-17 жовтня 2024 року).

Публікації. Пагарський О., Бредіхін Д., Шалахін Н. Алгоритми натхненні природою для розв'язання економічних задач. *Програма та тези доповідей. Архітектура, Будівництво, Дизайн: Технологія, Енергетика, Менеджмент: Міжнародний науково-технічний форум (16-17 жовтня 2024 р., м. Київ).* Київ: Видавництво Ліра-К, 2024. С. 465-466.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ РЕСУРСНО-ЛОГІСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА

1.1. Вплив системи ресурсно-логістичного забезпечення на параметри будівництва

Будівництво – одна з найскладніших галузей економіки, що поєднує в собі безліч процесів, від проектування до введення об'єкта в експлуатацію. Для досягнення успіху в реалізації будівельних проектів необхідно забезпечити чітке планування та організацію всіх етапів, зокрема ресурсно-логістичного забезпечення. Саме цей аспект відіграє ключову роль у досягненні планових показників вартості, трудомісткості та термінів виконання робіт.

Ресурсно-логістичне забезпечення – це комплексна система управління матеріальними, людськими, фінансовими та технічними ресурсами в будівництві, що дозволяє мінімізувати витрати, уникати збоїв у графіку робіт і оптимізувати використання наявних ресурсів. У цій системі особливу роль відіграє логістика, яка передбачає планування, організацію та контроль постачання матеріалів і техніки, а також управління їх зберіганням і переміщенням.

Забезпечення будівельного об'єкта необхідними ресурсами має прямий вплив на всі ключові показники проекту (рис. 1.1, табл. 1.1). Наприклад, затримки в постачанні матеріалів чи неправильне планування людських ресурсів можуть призвести до подовження термінів будівництва, зростання вартості робіт і порушення стандартів якості. Таким чином, недосконалість ресурсно-логістичної системи стає одним із головних ризиків у будівництві.

Контроль витрат у будівництві залежить від раціонального використання ресурсів. Якщо закупівлі матеріалів виконуються без урахування ринкових умов, можливих знижок або економічно вигідних постачальників, то витрати можуть перевищити запланований бюджет.

Логістика також відіграє тут ключову роль: правильна організація транспортування та зберігання матеріалів дозволяє уникнути втрат через пошкодження чи крадіжки.

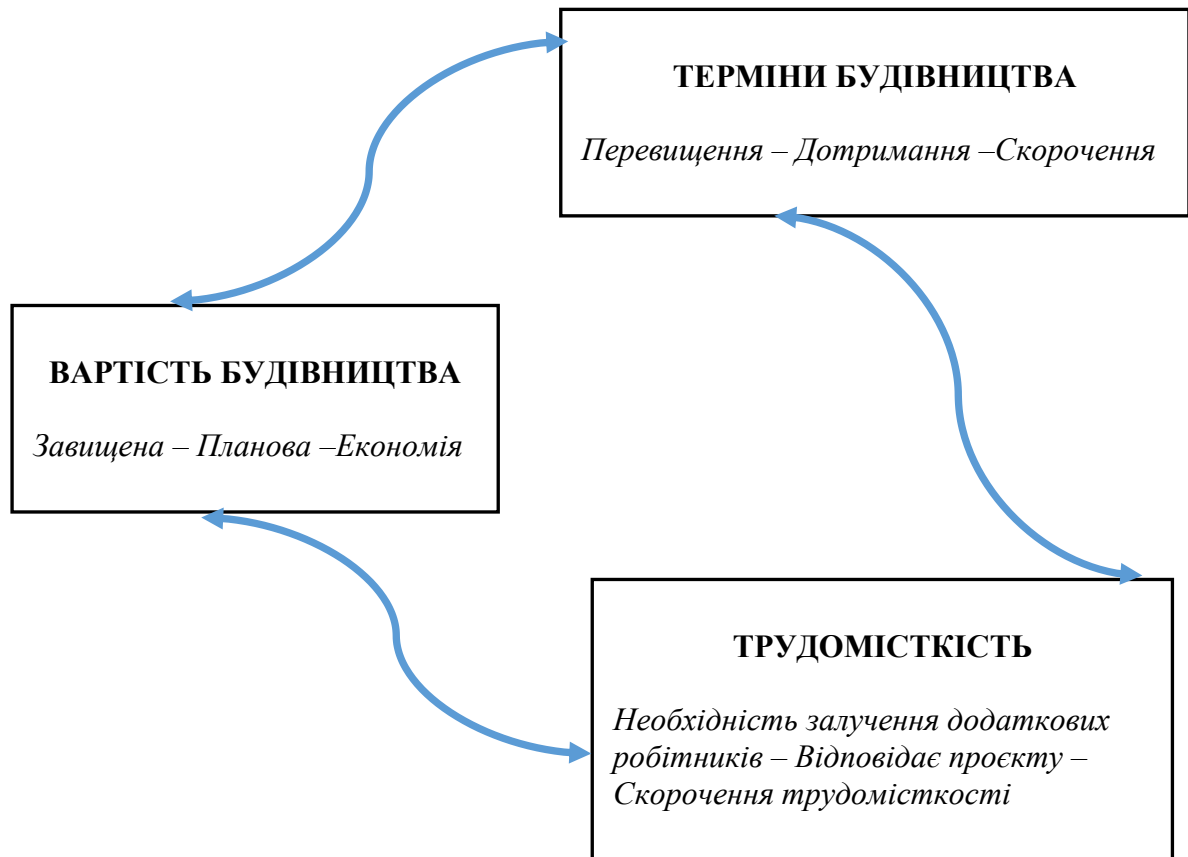


Рис. 1.1. Вплив ресурсно-логістичного забезпечення на показники будівельного проєкту (розроблено автором на основі [4])

Наприклад, будівельні матеріали, які зберігаються без належного контролю, можуть втратити свої властивості, що спричиняє необхідність їх заміни. До того ж, якщо логістика доставки не узгоджена з графіком будівництва, можуть виникати простій техніки та робітників, що також впливає на підвищення витрат. Відтак, ефективна система ресурсного забезпечення допомагає знизити ризики перевищення бюджету.

Таблиця 1.1

**Важливість ресурсно-логістичного забезпечення параметрів
будівництва**

Показник	Роль ресурсно-логістичного забезпечення	Результат
Вартість	Оптимізація витрат на матеріали, транспортування, зберігання та контроль використання ресурсів	Зниження загальної вартості проекту та збереження бюджету
Трудомісткість	Раціональне планування людських ресурсів, забезпечення необхідними матеріалами та технікою для уникнення простоїв	Скорочення трудових витрат і підвищення ефективності виконання робіт
Терміни будівництва	Скоординована логістика постачання ресурсів і контроль запасів дозволяють уникнути затримок у графіку робіт	Дотримання запланованих термінів будівництва та мінімізація ризиків затримок

Розроблено автором

1. Вартість. Ефективне ресурсно-логістичне забезпечення допомагає мінімізувати витрати на будівельні матеріали, транспортування, а також їх зберігання. Завдяки чітко організованій логістиці можна уникнути перевитрат, втрат матеріалів через пошкодження чи крадіжки та забезпечити зниження загальної вартості проекту.

2. Трудомісткість. Оптимальне управління людськими ресурсами та забезпечення їх матеріалами й обладнанням дозволяє уникати простоїв і нерівномірного завантаження робітників. Це підвищує ефективність роботи будівельних бригад і дозволяє скоротити трудові витрати.

3. Терміни будівництва. Скоординована логістика забезпечує своєчасне постачання ресурсів на будівельний майданчик і дозволяє уникнути збоїв у виконанні графіка. Контроль запасів та автоматизовані системи управління ресурсами забезпечують чітке дотримання термінів проекту, мінімізуючи ризики затримок.

Таким чином, ефективне ресурсно-логістичне забезпечення відіграє вирішальну роль у досягненні планових показників будівництва. Воно дозволяє знизити витрати, скоротити трудомісткість і забезпечити дотримання графіків, що є критично важливим для успішного завершення будівельних проєктів.

Ще один важливий аспект – це вплив ресурсно-логістичного забезпечення на трудомісткість будівельних робіт. Раціональний розподіл людських ресурсів, забезпечення робітників необхідними матеріалами та інструментами сприяє зменшенню витрат часу на виконання задач. Наприклад, якщо будівельна бригада отримує всі необхідні ресурси вчасно та в потрібній кількості, це знижує кількість непередбачуваних пауз у роботі.

Крім того, правильне управління технікою та обладнанням також сприяє оптимізації трудовитрат. Застосування сучасної техніки, яка відповідає специфіці проєкту, значно підвищує продуктивність праці. У свою чергу, недоліки в організації роботи, такі як відсутність техніки на будмайданчику через затримки в логістиці, можуть збільшувати навантаження на працівників і спричиняти додаткові затрати часу та ресурсів.

Одним із найважливіших критеріїв успішності будівельного проєкту є своєчасне завершення робіт. Від цього залежить не лише репутація підрядника, а й економічна ефективність проєкту. Затримки в термінах можуть призвести до штрафних санкцій, втрати інвестиційної привабливості чи навіть розірвання контрактів. Саме тому чітке планування логістики і забезпечення будівництва необхідними ресурсами є критично важливим.

Наприклад, своєчасне постачання матеріалів дозволяє дотримуватися послідовності робіт, особливо якщо об'єкт будується за принципом "just-in-time". Навпаки, навіть невеликі затримки в доставці, наприклад бетону чи арматури, можуть зірвати весь графік будівництва, адже ці матеріали часто є основою наступних етапів робіт.

Логістика також включає управління запасами. Наприклад, надмірне накопичення матеріалів на будівельному майданчику може спричинити не лише додаткові витрати на їх зберігання, але й ускладнити організацію роботи. Тому оптимальний баланс між обсягами поставок і наявністю матеріалів на місці дозволяє зберігати динамічність процесів без ризику збоїв.

У сучасному будівництві дедалі частіше застосовуються інформаційні технології для управління ресурсно-логістичним забезпеченням (рис. 1.2). Ця схема демонструє роль інформаційних технологій у підвищенні ефективності ресурсно-логістичного забезпечення. Завдяки ІТ оптимізується планування ресурсів, контроль запасів, моніторинг виконання та логістичні процеси, що призводить до зниження витрат, скорочення термінів і підвищення продуктивності.

Наприклад, системи BIM (Building Information Modeling) дозволяють оптимізувати планування проекту, передбачаючи потреби у ресурсах на кожному етапі. Логістичні програми допомагають відстежувати переміщення матеріалів, координувати доставку та зберігання, а також прогнозувати можливі затримки.

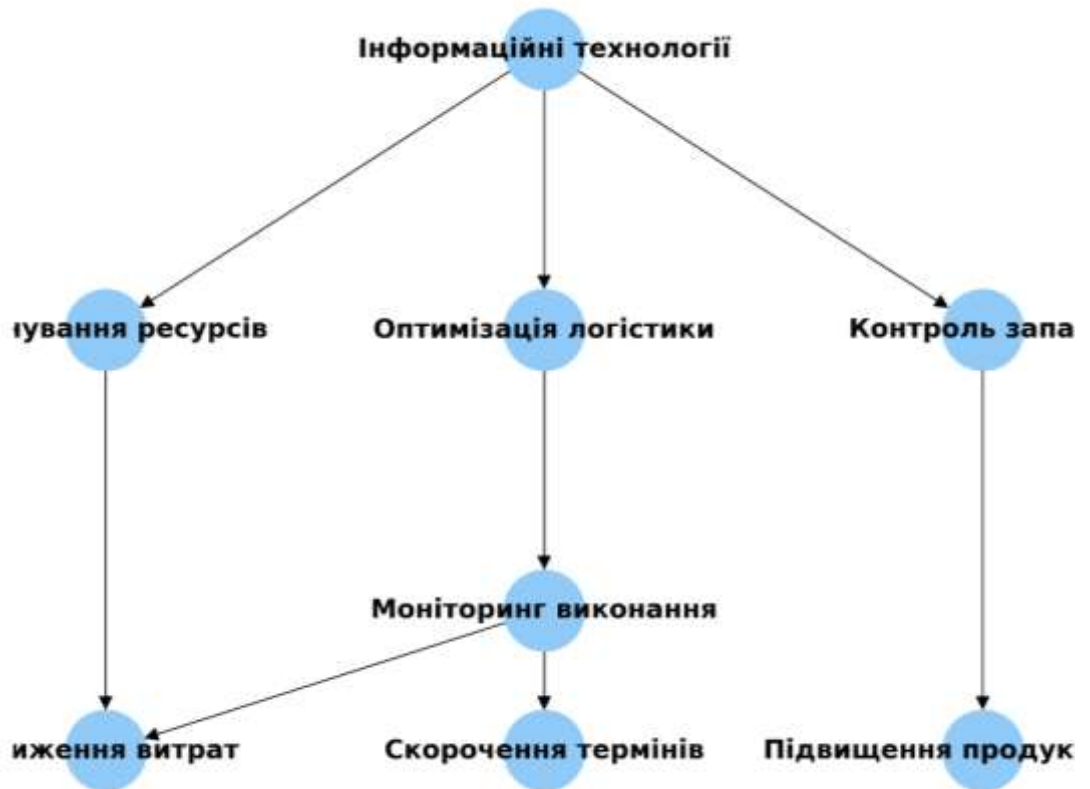


Рис. 1.2. Вплив ресурсно-логістичного забезпечення на показники будівельного проєкту (розроблено автором на основі [1])

У роботі [1] визначено наступні напрямки цифровізації будівництва: «Інформаційне моделювання будівель (BIM) – це цифрове представлення фізичних і функціональних характеристик будівлі. BIM дозволяє всім учасникам будівельного процесу співпрацювати та обмінюватися даними в режимі реального часу, що призводить до підвищення ефективності, зменшення відходів та покращення комунікації. BIM надає всеосяжну базу даних, яка може бути використана для аналізу процесу будівництва, оптимізації дизайну та виявлення потенційних помилок до того, як вони виникнуть. Завдяки BIM архітектори, інженери, підрядники та власники будівель можуть працювати спільно, гарантуючи, що всі зацікавлені сторони знаходяться на одній сторінці.

Віртуальна і доповнена реальність – це технології, які набувають все більшої популярності в будівельній галузі. Віртуальна реальність дозволяє зацікавленим сторонам ознайомитися з цифровою моделлю будівлі ще до

початку будівництва. Ця технологія забезпечує 3D-візуальне представлення будівлі, дозволяючи зацікавленим сторонам прогулятися будівлею і відчутися її у віртуальному середовищі.

Доповнена реальність, з іншого боку, накладає цифрову інформацію на фізичний світ, дозволяючи зацікавленим сторонам візуалізувати будівлю в режимі реального часу. Ці технології дозволяють зацікавленим сторонам виявляти і вирішувати потенційні проблеми ще до початку будівництва, що призводить до зниження витрат і підвищення ефективності.

Дрони стають дедалі популярнішими в будівельній галузі завдяки їхній здатності робити високоякісні знімки та відео з будівельних майданчиків. Дрони можуть використовуватися для обстеження будівельних майданчиків, складання карт і моніторингу прогресу будівельного процесу.

Дрони також можуть використовуватися для огляду важкодоступних ділянок будівлі, гарантуючи, що всі частини будівлі побудовані правильно. Використовуючи дрони, будівельні компанії можуть заощадити час і гроші, зменшуючи потребу в ручній праці та обладнанні.

Штучний інтелект (ШІ) – ще одна технологія, яка набирає популярності в будівельній галузі. ШІ можна використовувати для аналізу великих обсягів даних, виявлення закономірностей і прогнозування. У будівництві ШІ можна використовувати для прогнозування потенційних затримок, визначення сфер, де можна скоротити витрати, та оптимізації будівельного процесу. ШІ також можна використовувати для моніторингу процесу будівництва, виявляючи потенційні проблеми до того, як вони стануть серйозними. Завдяки використанню ШІ будівельні компанії можуть приймати обґрунтовані рішення на основі даних, що призводить до підвищення ефективності та зниження витрат.

Інтернет речей (IoT) – це мережа взаємопов'язаних пристроїв, які можуть спілкуватися між собою, збирати дані та аналізувати інформацію. У будівництві пристрої IoT можна використовувати для моніторингу роботи обладнання, виявлення потенційних проблем та оптимізації будівельного

процесу. Пристрої Інтернету речей можна використовувати для моніторингу температури, вологості та інших факторів навколишнього середовища на будівельному майданчику, забезпечуючи зберігання матеріалів у належних умовах. Пристрої Інтернету речей також можна використовувати для моніторингу продуктивності обладнання, виявляючи потенційні проблеми до того, як вони виникнуть.

Отже, впровадження інформаційних технологій зробило революцію в будівельній галузі, що призвело до підвищення ефективності, скорочення відходів і поліпшення комунікації. Інформаційне моделювання будівель (BIM), віртуальна і доповнена реальність, дрони, штучний інтелект та інтернет речей (IoT) – це лише кілька прикладів технологій, які трансформують будівельну галузь. Оскільки технології продовжують розвиватися, ми можемо очікувати на подальші інновації в будівельній галузі, які призведуть до ще більшої ефективності та економії коштів.»

Автоматизація процесів і використання спеціалізованих програмних рішень також сприяє підвищенню прозорості управління. Це дозволяє скоротити кількість помилок через людський фактор, а також забезпечити більш точне прогнозування витрат і термінів.

Нормативна база для упровадження цифрових технологій також швидко розвивається. Так, відповідно [2]: «Для системного комплексного впровадження інформаційного моделювання в будівництві, Мінінфраструктури розробив Концепцію та план заходів з її реалізації. У першу чергу впровадження BIM-технології, зазначають у міністерстві, потребує державного регулювання, зокрема, створення необхідної нормативно-правової бази, розроблення низки норм та стандартів, державної підтримки реалізації пілотних проєктів, підготовки фахівців відповідної кваліфікації, інформаційну, організаційну та методичну підтримку.

Наразі Мінінфраструктури працює над оновленням 20 державних будівельних норм, розробленням національних кошторисних норм та розробляє комплексний план перегляду будівельних норм до 2025 року.

Нагадаємо, 30 листопада 2019 року Міністерство розвитку громад та територій України, низка галузевих асоціацій та організацій підписали меморандум «Дорожня карта впровадження інформаційного моделювання будівель (BIM) при створенні об'єктів будівництва, об'єктів архітектури». Меморандум, зокрема передбачає здійснення заходів з впровадження BIM-технології на державному рівні при проектуванні, спорудженні та експлуатації об'єктів нерухомості».

Ресурсно-логістичне забезпечення є ключовим елементом успішного будівельного проекту, будучи однією з важливих завдань економіки будівництва (табл. 1.2). Воно дозволяє не лише дотримуватися планових показників вартості, трудомісткості та термінів, але й підвищує загальну ефективність та якість будівництва. Чітке планування, раціональне використання ресурсів, оптимізація логістичних процесів та застосування сучасних технологій дозволяють уникати ризиків і забезпечувати безперервність робіт.

Таблиця 1.2

Головні завдання економіки будівництва та будівельної логістики

№	Завдання
1	Оптимізація постачання матеріалів
2	Планування ресурсів
3	Управління запасами
4	Зниження логістичних витрат
5	Планування розкладу робіт
6	Оптимізація використання техніки
7	Прогнозування та оцінювання витрат
8	Розв'язання транспортних задач
9	Оптимізація розміщення будівельних майданчиків і складів
10	Екологічне управління відходами
11	Інтеграція даних і адаптація до змін
12	Моделювання ризиків у логістиці

Саме ефективна система ресурсно-логістичного забезпечення стає основою для досягнення стабільних і передбачуваних результатів у будівництві, що особливо важливо в умовах сучасної конкурентної економіки.

1.2. Генеза та напрямки наукового пошуку в області ресурсно-логістичного забезпечення будівництва

Українські науковці активно досліджують різні аспекти ресурсно-логістичного забезпечення будівництва зосереджуючись на багатьох напрямках, зокрема:

1. Розвиток будівельної логістики: Вивчаються концептуальні аспекти та методологічні засади формування логістичних систем у будівельній галузі, аналізуються сучасні тенденції використання логістики в програмах розвитку будівельної галузі та її виробничого кластеру. Так, у курсі лекцій [3] зазначається: «Впровадження логістичних підходів в управлінні капітальним будівництвом набуло великої актуальності на сучасному етапі розвитку трансформаційної економіки України. Це пов'язано з інтенсифікацією будівельного виробництва, застосуванням нових матеріалів і технологій будівництва, розширенням числа горизонтальних господарських зв'язків між підприємствами будівельного комплексу, наростанням інтенсивності економічних потоків в будівництві і пов'язаних з ними галузей. У цих умовах об'єктивно зростає значення координації на логістичних засадах матеріальних, інформаційних і фінансових потоків, забезпечення узгодженого у часі і просторі процесів підготовки будівельного виробництва, закупівель, транспортування, постачання і виробничо-технологічної комплектації на об'єктах, що будуються. Конкурентоспроможність будівельного підприємства на ринку значною мірою визначається наявністю і ефективністю функціонування системи логістичного управління капітальним будівництвом, рівнем якості і ефективністю будівельно-монтажних робіт. Тому вивчення і практичне

впровадження методів управління логістичними системами, сприятимуть удосконаленню і підвищенню ефективності роботи будівельних організацій.»

2. Оптимізація матеріальних потоків: Досліджуються системні моделі управління матеріальними ресурсними потоками в будівельному виробництві, що сприяє підвищенню ефективності використання ресурсів та зниженню витрат. У роботі [4] зазначається, що «Метою будівельної логістики з управління матеріальними потоками є забезпечення цілісності ланцюгу компонентів-елементів для виробництва продукції для споживача. Тому в дисертаційній роботі розглядаються підходи щодо раціоналізації матеріальних потоків, тобто оптимальне управління запасами матеріалів, будівельних конструкцій і деталей, першочергове пов'язане з метою мінімізації витрат, що зумовлює доцільність і необхідність використання будівельної логістики як ефективного наукового інструментарію оптимального управління формуванням і рухом матеріальних потоків. Так як будівельний ринок, це співвідношення між постачальниками – підприємствами будіндустрії та будівельними організаціями (купівля-продаж будівельних матеріалів, конструкцій, деталей), а також будівельні організації – споживачів (продаж готової продукції – будівельні об'єкти), складають сегменти господарсько-економічного комплексу України, в яких склалися умови для впровадження будівельної логістики.»

3. Інформаційні логістичні системи: Вивчаються інформаційні системи будівельної галузі, процеси управління інформаційними потоками, моделювання інформаційного забезпечення логістичних процесів руху матеріальних потоків у будівництві. Як зазначається у статті [5]: «Логістична інформаційна система (далі ЛІС) – це інтерактивна структура, яка включає в себе персонал, обладнання та процедури, котрі об'єднані інформаційним потоком, логістичним менеджментом для планування, регулювання, контролю і аналізу функціонування логістичної системи.

Логістична інформаційна система підприємства – це організаційний механізм, що перетинає функціональні межі підрозділів підприємства і

спрямовує їх дії на досягнення мети підприємства в царині господарського процесу. Різноманітні інформаційні потоки, які циркулюють усередині і між елементами логістичної системи, між логістичною системою і зовнішнім середовищем, утворюють логістичну інформаційну систему.

Логістична інформаційна система є певним чином організованою сукупністю взаємопов'язаних засобів обчислювальної техніки та необхідних засобів програмування, що забезпечує вирішення функціональних завдань з управління матеріальними потоками».

Існує багато класифікацій інформаційних систем, але з погляду функціонального забезпечення та призначення, найчастіше інформаційні системи поділяють на дві підсистеми: функціональну і забезпечувальну [6]: «Функціональна підсистема складається із сукупності розв'язуваних завдань, згрупованих за ознакою спільності мети.

Забезпечувальна підсистема у свою чергу, включає такі елементи:

- технічне забезпечення, тобто сукупність технічних засобів, які забезпечують обробку і передачу інформаційних потоків;
- інформаційне забезпечення, які містить у собі різні довідники, класифікатори, кодифікатори, засоби формалізованого опису даних;
- математичне забезпечення, тобто сукупність методів вирішення функціональних завдань.

Логістичні інформаційні системи, як правило, є автоматизованими системами управління логістичними процесами. Тому математичне забезпечення в логістичних інформаційних системах-це комплекс програм і сукупність засобів програмування, які забезпечують вирішення задач управління матеріальними потоками, обробку текстів, отримання довідкових даних і функціонування технічних засобів.

Інформаційні системи в логістиці можуть створюватися з метою управління матеріальними потоками як на мікро-, так і на макрорівні.

На рівні окремого підприємства інформаційні системи, у свою чергу, поділяють на три групи:

- планові;
- диспозитивні (або диспетчерські);
- виконавчі (або оперативні).

Логістичні інформаційні системи, які входять у різні групи, відрізняються як своїми функціональними, так і забезпечувальними підсистемами. Функціональні підсистеми відрізняються складом розв'язуваних завдань. Забезпечувальні підсистеми можуть відрізнитися всіма своїми елементами, тобто технічним, інформаційним і математичним забезпеченням. Зупинимося докладніше на специфіці окремих інформаційних систем.

Планові інформаційні системи створюються на адміністративному рівні управління і служать для прийняття довгострокових рішень стратегічного характеру. Серед розв'язуваних завдань можуть бути такі:

- створення й оптимізація ланок логістичного ланцюга;
- управління мало змінними даними;
- планування виробництва;
- загальне управління запасами;
- управління резервами та інші завдання.

У планових інформаційних системах найвищий рівень стандартизації під час вирішення задач, що дозволяє з найменшими труднощами адаптувати тут стандартне програмне забезпечення.

Диспозитивні інформаційні системи створюються на рівні управління складом або окремою будовою і служать для забезпечення налагодженої роботи логістичних систем. Тут можуть вирішуватися такі завдання:

- детальне управління запасами (місцями складування);
- керування внутрішньо складським або внутрішньозаводським транспортом;
- відбір вантажів за замовленням та їх комплектування, облік вантажів, які відправляються, та інші завдання.

У диспозитивних інформаційних системах можливість пристосувати стандартний пакет програм нижча. Це викликано рядом причин, наприклад:

- виробничий процес на підприємствах зумовлюється історично і важко піддається суттєвим змінам заради стандартизації;
- структура оброблюваних даних істотно розрізняється в різних користувачів.

Виконавчі інформаційні системи створюються на рівні адміністративного або оперативного управління. Обробка інформації в цих системах здійснюється в темпі, зумовленому швидкістю її надходження на ЕОМ. Це так званий режим роботи в реальному масштабі часу, який дозволяє отримувати необхідну інформацію про переміщення вантажів у поточний момент часу і вчасно видавати відповідні адміністративні та керуючі впливи на об'єкт управління. Цими системами можуть вирішуватися різноманітні завдання, пов'язані з контролем матеріальних потоків, оперативним управлінням переміщеннями і т.п. У виконавчих інформаційних системах на оперативному рівні управління застосовують, як правило, індивідуальне програмне забезпечення.»

4. Управління ризиками в логістиці: Розглядаються методи управління ризиками в логістичних процесах будівництва, що дозволяє мінімізувати можливі втрати та підвищити надійність постачання матеріалів [7]. В монографії [11, с. 184] зазначається «Обґрунтування організаційно-технологічних рішень проводиться, в основному, з використанням методів сітьового планування і управління у поєднанні з евристичними алгоритмами: спрямованого перебору варіантів за заданими критеріями, а також методів лінійного програмування (симплекс-методу, угорського методу, методу "північно-західного кута" і так далі). Проте їх використання не дозволяє враховувати багатьох чинників при обґрунтуванні організаційно-технологічних рішень, особливо міра ризиків при оптимальних організаційно-технологічних рішеннях, із-за невизначеності, які виникають в умовах ринку. Одним з основних документів організаційно-технологічної

документації – проект організації будівництва, який, як правило, являє собою окремий розділ проектної документації, що обґрунтовує затверджений варіант розподілу капіталовкладень, загальну тривалість будівництва об'єкта, найбільш ефективні методи виконання будівельно-монтажних робіт, встановлює порядок і строки виконання запланованих обсягів та введення об'єкта в експлуатацію. Нормативна документація яка використовується в даний час має цілий ряд недоліків, обумовлених недосконалістю інформації, вільністю форми представлення даних, до того ж практично не враховує вимог автоматизації. Все це відображається на якості організаційно-технологічної документації – на ступінь її відповідності проектним завданням, технічним умовам, нормам, стандартам, інструкціям.»

5. Транспортно-логістична інфраструктура: Аналізується розвиток транспортно-логістичної системи України, її проблеми та перспективи, а також вплив на ефективність будівельних проектів. Так, у роботі [8, с. 48] зазначається: «Під час трансформації національної моделі розвитку транспортної системи доцільно розробити інтелектуальну, модернізовану та повністю взаємопов'язану транспортну й енергетичну інфраструктуру, повністю використовувати інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ). Транспортні та логістичні мережі мають сприяти ефективному доступу промислових виробників усього Євросоюзу до єдиного ринку та міжнародного ринку за його межами. В рамках усунення «вузьких місць» у контексті положення «Інвестиції в зростання: політика згуртування, мобілізація бюджету ЄС і приватного фінансування» пропонується створити інноваційні інструменти для залучення необхідних інвестицій, зокрема державно-приватного партнерства (ДПП); постійно оновлювати транспортний парк та розвивати транспортну інфраструктуру країни; розробити антикорупційні дії, що виникають у транспортній системі України».

6. Логістика в умовах реформування економіки: Досліджується роль логістики як фактору підвищення конкурентоспроможності підприємств

та її вплив на реформування економіки України, зокрема в будівельній галузі. У роботі [9] зазначено: «Логістика, постійно натрапляючи на нові виклики, сьогодні змінюється швидше, ніж будь-коли у минулому. Можливо, найбільш очевидною зміною стає застосування нових технологій. Деякі з цих технологій безпосередньо пов'язані з переміщенням товарів, наприклад, електронна ідентифікація упаковок, супутникове відстежування місця знаходження вантажівок і автоматизовані системи управління, але найістотніші зміни пов'язані з комунікаціями та передаванням інформації між учасниками ланцюга поставок...

...За останні декілька років Е-економіка стала досконалішою і ширше вживанішою. За швидким розповсюдженням електронної пошти послідували найрізноманітніші варіанти електронного бізнесу, потім електронної комерції, а незабаром і «електронного чого завгодно». Ефективне передавання інформації особливо корисне під час здійснення закупівель, що дозволило перетворити цей напрям діяльності в електронні закупівлі (англ. - E-purchasing) або в електронне постачання (англ.- E-procurement). Ці напрями бізнесу можна виконувати в різних формах, але у будь-якому разі в їх основі є безпосередній обмін даними між комп'ютерами постачальника і замовника...

Однією з перших технологій, яка зробила прорив у логістиці, стала система електронного обміну даними (англ.- electronic data interchange, EDI), запровадження якої дозволило віддаленим один від одного комп'ютерам обмінюватися даними, не вдаючись до допомоги якихось проміжних пристроїв. Першими користувачами такої системи були супермаркети, що зв'язали свої системи контролю стану запасів безпосередньо з системами постачальників, оброблювальних замовлення. Наприклад, на українському ринку піонером впровадження цієї системи з постачальниками стала компанія формату "cash and carry" «МЕТРО». У компанії враховують продажі по кожному виду товарів, і коли запаси досягають певного рівня, система автоматично посилає повідомлення постачальника, замовляючи

наступне замовлення конкретного виду товару. Використання системи EPOS (англ. – electronic point-of-sale data) - даних, передаваних в електронному вигляді від касових терміналів, дозволило істотно скоротити обсяг паперової документації, понизити вартість операції, прискорити комунікації, зменшити кількість помилок, зробити системи інтегрованішими, а відносини в бізнесі тіснішими.

Для підтримки EDI були розроблені дві супутні технології. Перша - кодування товарів (англ. – item coding), що дає змогу привласнити кожній упаковці переміщуваних матеріалів ідентифікаційну мітку. Ця мітка зазвичай виконується у вигляді штрих-коду або магнітної смужки, інформацію з яких можна прочитувати систематично, коли упаковка переміщається по заданому маршруту. У результаті логістична система знає, де знаходиться кожна упаковка у будь-який момент часу, і відповідно до цього устаткування для автоматичної вантажопереробки можна переміщати, сортувати, об'єднувати, упаковувати і доставляти потрібні матеріали.

Інша технологія – це електронний переказ грошових коштів (англ. – Electronic funds transfer, EFT). Коли надходить підтвердження про доставку матеріалів, EFT автоматично дебетує банківський рахунок замовника і кредитує постачальника. Це завершує весь процес, при тому EDI розміщує замовлення, кодування товарів дозволяє відстежувати їх переміщення, а EFT відповідає за платежі.»

7. Логістика в умовах війни: Досліджується вплив війни на логістичні ланцюги постачання та адаптивні можливості логістичної системи країни. Наприклад, у статті [10] зазначається: «Нині бізнес адаптувався, переорієнтувався й почав розвивати нові експортні шляхи сухопутними коридорами через країни Європи. Їх умовно можна розділити на два глобальних напрями: західний транспортний коридор на Польщу, Німеччину та Балтійські країни і південний транспортний коридор здебільшого на Румунію.

Поки на західному кордоні відбувається боротьба з заторами на автошляхах, пропускною здатністю пунктів пропуску, різницею в ширині залізничної колії та іншими викликами, на південному кордоні ситуація дещо інша, але не менш цікава: це корупція на митниці, і не тільки з української сторони, а й румунської.

Попри всі негаразди треба відзначити неабияку допомогу зі сторони колег експедиторів із сусідніх країн. З початку війни українцям сильно та практично допомагали асоціації експедиторів з Туреччини, Румунії, Болгарії, Польщі та Словаччини, активну позицію зайняли колеги з Угорської асоціації.

Саме вони допомогли вирішити проблеми з контейнерами в турецьких і румунських портах, пояснили питання, пов'язані з турецькою митницею та допуском українських автоперевізників до роботи в Туреччині, питання вивезення контейнерів з терміналів в порту "Констанца" в Румунії та сплати божевільних рахунків за пошук і переміщення контейнерів на терміналі, питання роботи митниць в Польщі та Румунії тощо.

Адаптація – це одна з сутностей логістики, яка не може зупинятися, бо зупинка – це відсутність торгівлі й обміну товарами, практично відсутність споживання, що в сучасному світі дорівнює відсутності життя.

Попри великий шок, який українська транспортно-логістична система пережила на початку війни, вона впоралася з викликом і змогла забезпечити транспортування необхідних товарів до та з України.»

Ці напрями досліджень спрямовані на підвищення ефективності будівельних процесів, оптимізацію використання ресурсів та інтеграцію сучасних логістичних підходів у будівельну галузь України.

1.3. Методичний інструментарій ресурсно-логістичного забезпечення будівництва

Ресурсно-логістичне забезпечення будівництва є одним із ключових факторів, що визначають успішність реалізації будівельних проектів. Ефективне управління матеріальними, трудовими, фінансовими та технічними ресурсами дозволяє мінімізувати витрати, оптимізувати робочі процеси та дотримуватися встановлених термінів будівництва. Для досягнення цих цілей необхідно використовувати сучасний методичний інструментарій, який поєднує в собі різноманітні інструменти та методи управління логістикою будівельного процесу.

Методичний інструментарій у контексті ресурсно-логістичного забезпечення будівництва включає сукупність методів, підходів і програмних рішень, що дозволяють здійснювати комплексне планування, організацію та контроль за використанням ресурсів на всіх етапах будівельного процесу. Цей інструментарій орієнтований на раціоналізацію логістичних потоків, скорочення втрат і підвищення продуктивності праці.

Оптимізація ресурсно-логістичного забезпечення будівельних проектів є важливою складовою управління будівництвом, оскільки від цього залежить не лише економічна ефективність проекту, але й його терміни виконання, якість та відповідність екологічним вимогам. Для досягнення оптимальних результатів використовуються різноманітні підходи та методи, серед яких особливу роль відіграють технології автоматизації, використання сучасних інформаційних систем і методів математичного моделювання. Далі буде розглянуто основні методи та підходи до оптимізації ресурсно-логістичного забезпечення, їх переваги та недоліки.

Основні методи ресурсно-логістичного забезпечення (табл. 1.3):

1. Методи планування ресурсів. Планування є основою ефективного управління ресурсами. Використовуються такі методи, як:

○Сітьове планування. Застосовується для визначення послідовності та тривалості робіт, забезпечення ресурсами критичних ділянок будівельного процесу.

○Метод критичного шляху (CPM). Дозволяє визначити мінімально можливий термін виконання проекту та ефективно розподілити ресурси на найбільш важливі етапи.

○PERT-аналіз. Допомагає враховувати ймовірні ризики та невизначеності у виконанні будівельних робіт, що дозволяє більш точно планувати терміни та витрати.

2. Оптимізаційні методи логістики. Ефективне управління логістичними потоками базується на використанні математичних і аналітичних методів для оптимізації ресурсів. Серед них:

○Лінійне програмування. Використовується для мінімізації витрат на доставку матеріалів, транспортування та зберігання ресурсів.

○Моделювання потоків ресурсів: створення моделей для визначення оптимальних шляхів постачання, що дозволяє уникати зайвих витрат часу та коштів.

Таблиця 1.3

Сучасні підходи і методи оптимізації ресурсно-логістичного забезпечення будівельних проектів

Метод / Підхід	Опис	Переваги	Недоліки
Лінійне програмування (LP)	Використовується для задач з лінійними функціями обмеженнями, наприклад, для оптимізації транспортування ресурсів.	Простота в реалізації, швидкість обчислень, можливість вирішення великих задач.	Підходить тільки для лінійних задач, обмежена гнучкість.
Цілочисельне програмування (IP)	Застосовується для задач з цілими змінними, таких як розподіл техніки чи ресурсів.	Може вирішувати більш складні задачі, де рішення мають бути цілими числами.	Висока обчислювальна складність, особливо для великих задач.
Системи управління ланцюгами поставок (SCM)	Інформаційні системи для управління постачаннями матеріалів і ресурсів.	Підвищують ефективність управління ланцюгами поставок, знижують витрати транспортування і складування.	Висока вартість впровадження та обслуговування, необхідність адаптації до змін.

Продовження табл. 1.3

Метод / Підхід	Опис	Переваги	Недоліки
Метод критичного шляху (CPM)	Алгоритм для планування і управління часом проекту, оцінки критичних етапів.	Допомагає ефективно планувати строки виконання проекту, виявляючи критичні етапи.	Може бути складним для великих проектів з численними залежностями.
Метод оцінки та аналізу варіантів (PERT)	Оцінка тривалості проекту за допомогою ймовірнісних розрахунків.	Знижує ймовірність відхилення від термінів проекту, враховує невизначеність.	Потребує значних ресурсів для збору та аналізу інформації.
Моделі прогнозування попиту	Методи прогнозування майбутніх потреб ресурсах і матеріалах.	Допомагають передбачити дефіцит у ресурсів і зміни попиту, знижують ризики затримок.	Прогнози можуть бути неточними при нестабільних умовах.
Системи підтримки прийняття рішень (DSS)	Використовуються для аналізу і підтримки прийняття рішень у реальному часі.	Підвищують точність рішень, забезпечують швидку реакцію на зміни.	Потребують великої кількості якісних даних для ефективної роботи.

○ Теорія запасів. Застосовується для управління запасами будівельних матеріалів, щоб уникати дефіциту або надмірного накопичення ресурсів.

3. Методи контролю та моніторингу. Контроль є важливим елементом ресурсно-логістичного забезпечення. Для моніторингу використання ресурсів застосовуються:

○ Системи ключових показників ефективності (KPI). дозволяють оцінити ефективність використання ресурсів, дотримання термінів постачання та контроль витрат.

○ Графічний аналіз. Використання діаграм Ганта та інших графічних інструментів для візуалізації ходу виконання робіт і витрат ресурсів.

○ Автоматизовані системи моніторингу. Дозволяють у реальному часі відстежувати використання ресурсів і оперативно реагувати на відхилення від плану.

4. Інформаційно-аналітичні системи. Сучасні будівельні проекти неможливо реалізувати без використання інформаційних технологій. До основних інструментів належать:

◦BIM-технології (Building Information Modeling). Дозволяють створювати цифрові моделі будівельного об'єкта, що включають дані про ресурси, терміни та логістичні процеси.

◦ERP-системи (Enterprise Resource Planning). Забезпечують централізоване управління всіма ресурсами будівництва, від фінансів до матеріалів і трудових ресурсів.

◦Геоінформаційні системи (GIS). Використовуються для планування логістики транспортування та розташування будівельних майданчиків.

Математичне моделювання є основою для прийняття рішень в процесі оптимізації ресурсно-логістичного забезпечення. Різноманітні методи математичного програмування дозволяють оцінювати оптимальний розподіл ресурсів, маршрути доставки та графіки роботи:

1.1 Лінійне програмування (LP)

- Опис: Лінійне програмування є одним із найпоширеніших методів для вирішення задач оптимізації в логістиці. Він дозволяє знаходити найкраще рішення для лінійних задач, таких як оптимізація витрат на транспортування, складування або використання ресурсів.

- Переваги: Простота в реалізації, швидкість обчислень, можливість вирішення великих задач.

- Недоліки: Підходить лише для задач з лінійними функціями і обмеженнями, що обмежує його використання у складних реальних сценаріях, де задіяні нелінійні фактори.

1.2 Цілочисельне програмування (IP)

- Опис: Використовується для оптимізації задач, де рішення мають бути цілими числами (наприклад, кількість одиниць техніки, співробітників, транспортних засобів тощо).

- Переваги: Може застосовуватись до більш складних задач, де необхідно враховувати дискретні рішення.

- Недоліки: Висока обчислювальна складність, особливо при великих розмірах задач.

1.3 Генетичні алгоритми та еволюційні методи

- **Опис:** Ці методи імітують природний процес еволюції для пошуку оптимальних рішень у складних, багатокритеріальних системах. Використовуються для моделювання різноманітних варіантів розподілу ресурсів, маршрутизації і управління логістичними потоками.

- **Переваги:** Можуть знаходити глобальні оптимуми, ефективно працюють з великими і складними просторами пошуку.

- **Недоліки:** Вимагають значних обчислювальних ресурсів, особливо для великих задач.

2. Інформаційні технології та автоматизація

Інформаційні технології стали важливим інструментом для забезпечення ефективного управління ресурсами та логістикою будівельних проектів. Вони дозволяють реалізувати автоматизовані системи для планування, моніторингу та управління поставаннями.

2.1 Системи управління ланцюгами поставок (SCM)

- **Опис:** Системи SCM дозволяють ефективно планувати, координувати і контролювати всі етапи логістичного процесу — від постачання матеріалів до їх доставки на будівельний майданчик.

- **Переваги:** Знижують витрати на транспортування і складування, забезпечують швидку реакцію на зміни в попиті або поставках.

- **Недоліки:** Вартість впровадження та обслуговування таких систем може бути високою, вимагають постійної адаптації до змін.

2.2 Блокчейн-технології для управління поставаннями

- **Опис:** Блокчейн дозволяє забезпечити прозорість і безпеку транзакцій у ланцюгу поставок, що важливо для зменшення ризиків шахрайства або помилок.

- **Переваги:** Підвищує довіру між учасниками проекту, забезпечує точність та надійність інформації.

- **Недоліки:** Висока складність впровадження, потреба в спеціалізованому програмному забезпеченні та навичках.

3. Методи прогнозування та аналітики

Прогнозування майбутніх потреб у ресурсах, а також оцінка ризиків, є важливою частиною оптимізації логістики будівельного процесу. Це дозволяє своєчасно коригувати стратегії та мінімізувати втрати.

3.1 Моделі прогнозування попиту

- **Опис:** Методи прогнозування, такі як часові ряди, нейронні мережі або регресійний аналіз, використовуються для оцінки майбутніх потреб у матеріалах, техніці або персоналі.

- **Переваги:** Допомогають передбачити потенційні затримки або дефіцит ресурсів.

- **Недоліки:** Прогнози можуть бути неточними при нестабільних або змінних умовах.

3.2 Системи підтримки прийняття рішень (DSS)

- **Опис:** DSS використовують різноманітні методи аналізу даних для підтримки прийняття рішень у реальному часі, зокрема для планування ресурсів, маршрутизації та управління постачаннями.

- **Переваги:** Підвищують точність прийнятих рішень, дозволяють швидко реагувати на зміни.

- **Недоліки:** Потрібна велика кількість якісних даних для коректної роботи системи, що може бути проблемою при відсутності централізованих джерел інформації.

4. Логістичні моделі та методи управління проектами

Управління будівельними проектами часто передбачає використання методів для оптимізації розкладів, контролю за витратами та своєчасної доставки матеріалів.

4.1 Метод критичного шляху (CPM)

- **Опис:** CPM дозволяє визначити найважливіші етапи в проекті та оцінити часові обмеження для кожного етапу.

- **Переваги:** Допомогає ефективно планувати строки виконання проекту, виявляючи критичні етапи.

• Недоліки: Складність при управлінні великими проектами з численними залежностями між етапами.

4.2 Метод оцінки та аналізу варіантів (PERT)

• Опис: PERT використовує ймовірнісні розрахунки для оцінки тривалості проекту, що дозволяє враховувати невизначеність і ризику.

• Переваги: Знижує ймовірність відхилення від термінів проекту за рахунок детального аналізу.

• Недоліки: Потребує значних ресурсів для збору та аналізу інформації, може бути складним для великих проектів.

Узагальнення результатів аналізу сучасних підходів і методів оптимізації ресурсно-логістичного забезпечення будівельних проектів наведено у табл. 1.4.

Таблиця 1.4

Методи оптимізації ресурсно-логістичного забезпечення будівельних проектів

Метод / Підхід	Опис	Переваги	Недоліки
Лінійне програмування (LP)	Використовується для задач з лінійними функціями обмеженнями, наприклад, для оптимізації транспортування ресурсів.	Простота в реалізації, швидкість обчислень, можливість вирішення великих задач.	Підходить тільки для лінійних задач, обмежена гнучкість.
Цілочисельне програмування (IP)	Застосовується для задач з цілими змінними, таких як розподіл техніки чи ресурсів.	Може вирішувати більш складні задачі, де рішення мають бути цілими числами.	Висока обчислювальна складність, особливо для великих задач.
Генетичні алгоритми (GA)	Алгоритм, що імітує процес природної еволюції для пошуку оптимальних рішень у складних системах.	Може знаходити глобальні оптимуми, працює з багатокритеріальними задачами.	Висока обчислювальна складність, потребує налаштування параметрів.
Алгоритми рою частинок (PSO)	Алгоритм, заснований на поведінці рою частинок для пошуку оптимальних рішень.	Простота в реалізації, швидка конвергенція при невеликій кількості параметрів.	Може застрягати в локальних оптимумах, чутливість до налаштувань.

Продовження табл. 1.4

Метод / Підхід	Опис	Переваги	Недоліки
Алгоритми мурашиних колоній (ACO)	Моделюють поведінку мурах для оптимізації маршрутів і постачань.	Ефективні для задач маршрутизації розподілу ресурсів, адаптивні до змін.	Висока обчислювальна іпотужність, необхідність налаштування параметрів.
Еволюційні стратегії (ES)	Методи оптимізації, що імітують еволюційні процеси, підходять для великих просторів пошуку.	Хороші для багатокритеріальних задач, працюють без нагляду.	Висока складність і обчислювальні витрати.
Системи управління ланцюгами поставок (SCM)	Інформаційні системи для управління постачаннями матеріалів і ресурсів.	Підвищують ефективність управління ланцюгами поставок, знижують витрати на транспортування і складування.	Висока вартість впровадження та обслуговування, необхідність адаптації до змін.
Блокчейн-технології	Технологія для забезпечення прозорості і безпеки транзакцій у ланцюгу поставок.	Забезпечує надійність і прозорість даних, зменшує ризики шахрайства.	Складність впровадження, потребує висококваліфікованого персоналу.
Метод критичного шляху (CPM)	Алгоритм для планування і управління часом проекту, оцінки критичних етапів.	Допомагає ефективно планувати строки виконання проекту, виявляючи критичні етапи.	Може бути складним для великих проектів з численними залежностями.
Метод оцінки та аналізу варіантів (PERT)	Оцінка тривалості проекту за допомогою ймовірнісних розрахунків.	Знижує ймовірність відхилення від термінів проекту, враховує невизначеність.	Потребує значних ресурсів для збору та аналізу інформації.
Моделі прогнозування попиту	Методи прогнозування майбутніх потреб ресурсах і матеріалах.	Допомагають передбачити дефіцит ресурсів і зміни попиту, знижують ризики затримок.	Прогнози можуть бути неточними при нестабільних умовах.
Системи підтримки прийняття рішень (DSS)	Використовуються для аналізу і підтримки прийняття рішень у реальному часі.	Підвищують точність рішень, забезпечують швидку реакцію на зміни.	Потребують великої кількості якісних даних для ефективної роботи.

Оптимізація ресурсно-логістичного забезпечення будівельних проектів є багатогранним процесом, що включає використання математичних методів, сучасних інформаційних технологій, моделей прогнозування та аналітики. Кожен з підходів має свої переваги і недоліки, і їх ефективне застосування залежить від специфіки проекту, ресурсних обмежень і вимог замовника. Використання комбінованих підходів, таких як генетичні алгоритми для

оптимізації розподілу ресурсів разом із системами SCM для управління поставками, може забезпечити значні переваги в досягненні більш високої ефективності проектів.

Останнім часом система логістичного забезпечення будівництва усебічно ускладнюється (рис. 1.3).

Ключові підходи та методи оптимізації ресурсно-логістичного забезпечення, що використовуються в будівництві є різними, кожен з методів має свої переваги і недоліки, тому для досягнення максимального ефекту часто використовуються комбіновані підходи, що дозволяють врахувати різноманітні фактори, такі як масштаб проекту, специфіка ресурсів, умови ринку і технологічні обмеження.

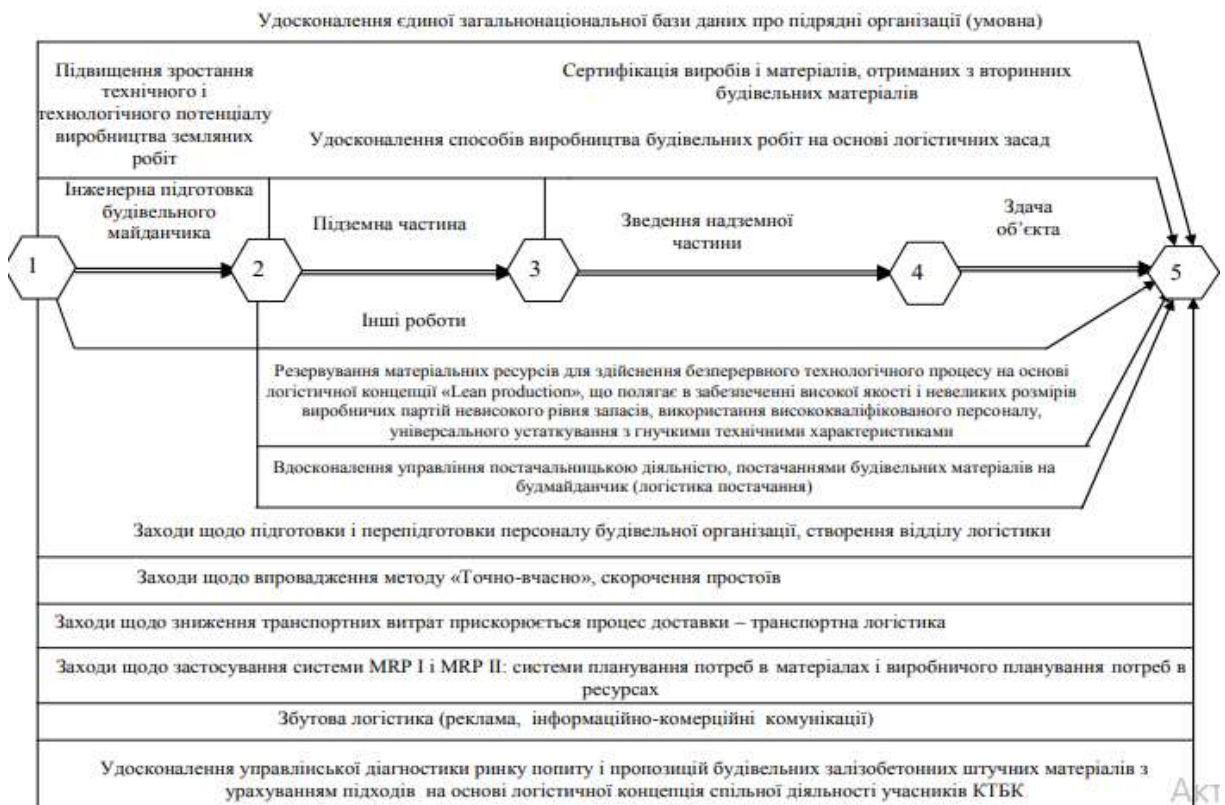


Рис. 1.3. Модель логістичного забезпечення будівництва [11]

В останні десятиліття, коли економічні системи ускладнилися та стали взаємозалежними, розв'язання економічних проблем стало складнішим і потребує дедалі складніших інструментів. Традиційні методи оптимізації та економічні моделі іноді не справляються з поставленими завданнями,

особливо коли йдеться про високий рівень невизначеності, нелінійності та взаємозалежних змінних. У відповідь дослідники та економісти звернулися до природних алгоритмів – обчислювальних методів, змодельованих за природними процесами та явищами.

Ці алгоритми, як-от генетичні алгоритми, ройова оптимізація, оптимізація мурашиних колоній і штучні імунні системи, імітують процеси біологічної еволюції, поведінки тварин і фізичних систем для ефективного вирішення складних проблем. Алгоритми, натхненні природою, належать до ширшої сфери штучного інтелекту та обчислювального інтелекту. Вони використовують принципи природи, щоб забезпечити альтернативні підходи до традиційної оптимізації, пропонуючи нові способи вирішення економічних проблем шляхом моделювання процесів біологічної еволюції, соціальної поведінки та фізичних систем. Деякі з найбільш часто використовуваних природних алгоритмів у вирішенні економічних проблем включають (табл. 1.5):

1. Генетичні алгоритми (GA) – натхненні принципами природного відбору та еволюції, GA імітують процес відбору, кросинговеру та мутації, щоб розвивати рішення з часом. Вони особливо ефективні для проблем, які потребують оптимізації, наприклад розподіл ресурсів і планування в економічних контекстах.

2. Ройова оптимізація (PSO) – цей алгоритм спирається на соціальну поведінку птахів, що збираються в зграї, або риби у косяках. Кожна «частинка» (або кандидат на рішення) у рої коригує свою позицію на основі як свого особистого досвіду, так і успіху своїх сусідів, зближуючись до оптимального рішення. PSO часто використовується для прогнозування ринку та оптимізації портфеля.

3. Оптимізація колонії мурах (ACO) – ґрунтуючись на поведінці мурашок у пошуках їжі, ACO використовує сліди феромонів як засіб непрямого спілкування між штучними мурашками, допомагаючи їм знайти найкоротший шлях або оптимальне рішення складних проблем. Цей

алгоритм особливо корисний для оптимізації мережі та логістики в економіці.

Таблиця 1.5

Порівняння різних видів природних алгоритмів: переваги та недоліки

Тип алгоритму	Переваги	Недоліки
Генетичні алгоритми (GA)	Добре підходять для оптимізації складних і багатокритеріальних задач.	Висока обчислювальна складність при великих розмірах задач.
	Можуть ефективно знаходити глобальний оптимум.	Потрібна обережність при налаштуванні параметрів (розмір популяції, шанс мутацій і кросовера).
	Гнучкість у використанні різних видів представлення рішень.	Може застрягнути в локальних оптимумах, якщо не налаштувати параметри.
Алгоритми рою частинок (PSO)	Простота в реалізації.	Можуть бути чутливими до вибору параметрів, таких як швидкість руху частинок.
	Добре працюють для задач з невеликою кількістю параметрів.	Можуть застрягати в локальних оптимумах, якщо є безліч місцевих мінімумів.
	Швидка конвергенція до оптимального рішення в деяких випадках.	Не завжди ефективні при великих просторах пошуку з численними обмеженнями.
Алгоритми мурашиних колонок (ACO)	Мають гарну здатність до пошуку шляхів оптимізації в умовах, де традиційні методи не ефективні.	Потрібен великий обсяг часу для налаштування параметрів алгоритму.
	Добре підходять для задач оптимізації маршруту і розподілу ресурсів.	Може бути обчислювально витратним через потребу в численних ітераціях для досягнення хороших результатів.
	Можуть ефективно працювати в реальному часі для адаптивних систем.	Може потребувати значного обчислювального ресурсу при великих просторах пошуку.
Еволюційні стратегії (ES)	Хороші для задач з великими просторами пошуку.	Може застрягати в локальних оптимумах при певних параметрах.
	Можуть працювати в режимі без нагляду, з мінімальною кількістю параметрів.	Мають високу обчислювальну складність, особливо при великій кількості особин.
	Підходять для багатокритеріальних задач.	Може бути повільним на певних етапах, особливо для складних оптимізацій.

4. Системи штучного імунітету (AIS) – натхненний імунною системою людини, AIS імітує процеси імунної відповіді, такі як розпізнавання образів, навчання та пам'ять. Він використовується в економіці для виявлення шахрайства, ідентифікації аномалій та управління ризиками, де критично важливим є адаптивне розпізнавання незнайомих моделей.

5. Імітований відпал (SA) – запозичений з металургії, імітований відпал імітує процес нагрівання та контрольованого охолодження металів для досягнення стабільних конфігурацій. Це корисно в економіці для оптимізації складних функцій із кількома змінними, наприклад мінімізації функцій витрат у ланцюгах постачання.

Оптимізація бджолиних колоній (BCO) – створена за моделлю поведінки медоносних бджіл у пошуках їжі, BCO включає процеси дослідження та експлуатації, що дозволяє штучним «бджолам» знаходити оптимальні рішення в складних пошукових просторах.

Цей алгоритм застосовується в задачах розподілу ресурсів і економічної кластеризації. Натхненні природою алгоритми представляють собою потужний набір інструментів для вирішення економічних проблем, особливо в епоху дедалі більшої складності та невизначеності. Моделюючи біологічні, соціальні та фізичні процеси, ці алгоритми пропонують інноваційні рішення для таких завдань, як розподіл ресурсів, прогнозування фінансового ринку та управління ризиками. Хоча існують такі проблеми, як високі обчислювальні вимоги та налаштування параметрів, адаптивність, надійність і здатність розв'язувати проблеми природних алгоритмів роблять їх безцінними в сучасному економічному аналізі та прийнятті рішень. З розвитком технологій і доступністю обчислювальної потужності ці алгоритми, ймовірно, відіграватимуть ще більш помітну роль в економічній оптимізації, змінюючи підхід до розв'язання складних економічних завдань.

1. Генетичні алгоритми (GA):

○ Переваги: Це один з найбільш використовуваних методів у задачах оптимізації. Генетичні алгоритми мають високу гнучкість і можуть

працювати з різними типами задач. Вони можуть знаходити глобальні оптимуми, навіть якщо задача має багато локальних мінімумів. Завдяки своїй здатності моделювати природні процеси еволюції, вони дозволяють оптимізувати складні системи з багатьма критеріями та змінними.

◦Недоліки: Основний недолік – це висока обчислювальна складність при великих задачах. Для досягнення оптимальних результатів необхідно ретельно налаштовувати параметри, такі як розмір популяції та ймовірність мутацій і кросовера. Це може бути проблемою в реальних додатках.

2. Алгоритми рою частинок (PSO):

◦Переваги: Вони прості в реалізації і мають високу швидкість конвергенції до оптимальних рішень при невеликих просторах пошуку. PSO добре підходять для задач, де потрібна оптимізація з невеликою кількістю параметрів. Вони також ефективні при низьких обчислювальних витратах у порівнянні з іншими методами.

◦Недоліки: Однак при великих просторах пошуку і множині обмежень їх ефективність знижується. Також алгоритми рою частинок можуть застрягати в локальних оптимумах, якщо не будуть налаштовані параметри.

3. Алгоритми мурашиних колонок (ACO):

◦Переваги: Мурашині алгоритми є потужними при вирішенні задач оптимізації маршруту, таких як проблема комівояжера. Вони добре адаптуються до динамічних середовищ, де змінюються умови. ACO ефективно вирішує задачі, де необхідно знайти найкращі шляхи або ресурси.

◦Недоліки: Основним недоліком є висока обчислювальна витратність. Крім того, алгоритм може бути неефективним, якщо не налаштувати правильні параметри, такі як кількість мурах і швидкість їх пересування.

4. Еволюційні стратегії (ES):

◦Переваги: Еволюційні стратегії добре підходять для великих просторів пошуку і багатокритеріальних задач. Вони можуть працювати без нагляду і часто використовуються для оптимізації в умовах, коли не можна забезпечити достатньо даних або інформації.

◦Недоліки: Проте вони також мають високу обчислювальну складність, особливо в задачах з великою кількістю змінних або параметрів. Цей тип алгоритму також має тенденцію до застрягання в локальних оптимумах, якщо не правильно налаштувати стратегію пошуку.

У загальному контексті, кожен з цих алгоритмів має свої сильні сторони і обмеження. Вибір конкретного алгоритму залежить від типу задачі, її складності, розміру простору пошуку та необхідної точності результатів.

Управління та економічне оцінювання логістичних процесів у будівництві є важливою складовою успішного виконання проектів. Логістичні процеси охоплюють доставку, зберігання, розподіл та використання матеріалів, техніки і трудових ресурсів, що вимагає системного підходу до планування, моніторингу та аналізу цих процесів. Враховуючи специфіку будівництва, методичний підхід має враховувати такі аспекти, як час, вартість, якість та безпека виконання робіт.

Практичне застосування методичного інструментарію

Використання методичного інструментарію у будівництві має на меті вирішення конкретних завдань:

- Скорочення термінів постачання ресурсів: завдяки логістичному моделюванню та оптимізації транспортних маршрутів можна уникнути затримок у доставці матеріалів.

- Зниження витрат на ресурси: раціональне планування запасів і застосування автоматизованих систем дозволяє знизити витрати на придбання та зберігання будівельних матеріалів.

- Підвищення ефективності використання трудових ресурсів: методи сіткового планування та контролю допомагають уникати простоїв робітників і будівельної техніки.

Методичний інструментарій ресурсно-логістичного забезпечення будівництва є комплексним і багатофункціональним. Він включає методи планування, оптимізації, контролю та моніторингу ресурсів, а також використання сучасних інформаційних технологій. Ці інструменти

дозволяють забезпечити ефективне використання ресурсів, знизити витрати та скоротити терміни виконання будівельних проектів. Завдяки інтеграції інноваційних рішень і постійному вдосконаленню методичного інструментарію будівельна галузь може досягти високих показників ефективності й конкурентоспроможності.

Висновки до розділу 1

Визначено вплив системи ресурсно-логістичного забезпечення на розвиток будівельного процесу та параметри будівництва, який полягає в тому, що ресурсно-логістичне забезпечення є ключовим допоміжним бізнес-процесом, без якого не є можливим зведення будівель і споруд у відповідності із планом у задані терміни, із забезпечення проектного рівня якості і вартості. Управління та економічне оцінювання ресурсно-логістичних процесів у будівництві є важливою складовою успішного виконання проектів. Логістичні процеси охоплюють доставку, зберігання, розподіл та використання матеріалів, техніки і трудових ресурсів, що вимагає системного підходу до планування, моніторингу та аналізу цих процесів. Тому розвиток системи ресурсно-логістичного забезпечення є одним із ключових завдань керівництва будівельного підприємства, для того, щоб забезпечити безперебійне зведення об'єкту.

У даний час важливим є перехід системи ресурсно-логістичного забезпечення у цифровий формат, що дозволить досягти управління різними процесами як єдиного цілого, дозволити різним учасникам будівництва впливати на процес та бачити дії інших підрядних організацій, постачальників, проектувальників.

Виявлено, що важливим для забезпечення ефективності будівництва є управління постачанням будівельних матеріалів на об'єкти, які знаходяться у різних місцях, що зводить завдання управління ресурсами до оптимізаційних задач, які широко використовуються в управлінні та мають великий інструментарій розв'язання, в залежності від цільової функції та обмежень.

Методичний інструментарій ресурсно-логістичного забезпечення будівництва включає ряд методів, серед яких можна виділити лінійне програмування (LP), цілочисельне програмування (IP), генетичні алгоритми (GA), Алгоритми рою частинок (PSO), алгоритми мурашиних колоній (ACO), еволюційні стратегії (ES), системи управління ланцюгами поставок (SCM), блокчейн-технології, метод критичного шляху (CPM), метод оцінки та аналізу варіантів (PERT), моделі прогнозування попиту, системи підтримки прийняття рішень (DSS) та інші, серед яких особливе місце займають природні алгоритми, які дозволяють вирішувати ряд бізнес-завдань по аналогії із силами природи, комахами або тваринами, які вирішують завдання із виживання у природньому середовищі.

Методи оптимізації ресурсно-логістичного забезпечення, що використовуються в будівництві є різними, кожен з методів має свої переваги і недоліки, тому для досягнення максимального ефекту часто використовуються комбіновані підходи, що дозволяють врахувати різноманітні фактори, такі як масштаб проекту, специфіка ресурсів, умови ринку і технологічні обмеження.

Розділ 2

СИСТЕМА РЕСУРСНО-ЛОГІСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА ТОВ «ЛУБНИЖИТЛОБУД»

2.1. Діяльність девелоперської компанії ТОВ «Лубнижитлобуд» на ринку Полтавської області

У місті Миргород та його околицях і по всій Полтавській області діяльність забудовників, що спеціалізуються на будівництві котеджів, обмежена. Непевність девелоперів щодо розвитку ринків нерухомості під час війни призвела до стагнації та відсутності започаткування нових об'єктів в області, яка є наближеною до районів бойових дій. Згідно з наявною інформацією, у Миргороді відсутні котеджні містечка, представлені на спеціалізованих ресурсах, а також не відбувається багатоповерхове житлове будівництво, починаючи з 2022 року.

Однак сьогодні у місті функціонують декілька будівельних компаній, які займаються зведенням житлових комплексів різного призначення та об'єктів соціальної інфраструктури. Серед них:

1. **БК "ЖК Острів"**: будує один будинок у житловому комплексі "Острів".

2. Девелоперська компанія **Капітал СМ**: заснована у 2008 році, має три завершені проекти в трьох житлових комплексах у Полтавській області з 2017 року.

3. Компанія **Лубнижитлобуд 2010**, найстаріша з аналізованих. Вона заснована у 1994 році, з початку якого пройшла довгий і успішний шлях розвитку, спеціалізується на будівництві житлових об'єктів, але може виконувати і спеціалізовані будівельні роботи.

Сьогодні **ТОВ "Лубнижитлобуд 2010"** — будівельна компанія з понад 40-річним досвідом на ринку нерухомості України. Її історія починається з 1973 року, коли була створена будівельна дільниця, яка згодом стала Спеціалізованою пересувною механізованою колоною СПМК-285.

У 1994 році підприємство отримало назву "Лубнижитлобуд", а в сучасному форматі функціонує як ТОВ "Лубнижитлобуд 2010".

Основними напрямками діяльності компанії є житлове і соціальні будівництво.

Так, серед об'єктів, що належать до житлового будівництва, компанія реалізувала низку проєктів багатоквартирних житлових будинків у Полтавській області, зокрема: 90-квартирний житловий комплекс з вбудованими приміщеннями по вул. Сорочинській, 53 у м. Миргород, розташований у санаторно-курортній зоні на березі річки Хорол, 36-квартирний житловий будинок по вул. Грушевського, 12 у м. Лубни (район "Військове містечко").

Серед об'єктів соціального призначення, які реалізовані останніми роками також можна виділити ряд будівництв. Так, компанія брала участь у реконструкції та будівництві важливих соціальних об'єктів, таких як Дитячий навчальний заклад "Смородинка" в м. Лубни, - після тривалої реконструкції, здійсненої ТОВ "Лубнижитлобуд 2010" як генпідрядною організацією, 1 червня 2013 року відбулося урочисте відкриття дитячого садочка, реконструкція загальноосвітньої школи №2 в м. Лубни, - у квітні 2015 року завершено капітальний ремонт спортзалу та харчоблоку, виконаний ТОВ "Лубнижитлобуд 2010", будинок культури в м. Миргород, - компанія проводить роботи з підсилення конструкцій та виведення будівлі з аварійного стану, перетворюючи її на окрасу міста.

Юридична адреса підприємства: 37502, Полтавська область, м. Лубни, вул. Ломоносова, буд. 34.

ТОВ "Лубнижитлобуд 2010" продовжує активно розвиватися, вносячи значний вклад у будівельну галузь Полтавської області та забезпечуючи якісним житлом і соціальною інфраструктурою мешканців регіону.

Щодо конкретних об'єктів, у Миргороді представлені такі житлові комплекси:

- ЖК на вул. Данила Апостола, 19: зданий в експлуатацію, пропонує квартири різних плануваль.

- ЖК "Острів": будується, доступні останні квартири.

- ЖК на вул. Сорочинська, 53: зданий в експлуатацію, всі квартири продані.

- ЖК на вул. Панаса Мирного, 3: зданий в експлуатацію, всі квартири продані.

Для виконання SWOT-аналізу діяльності компанії "Лубнижитлобуд" на ринку м. Миргород під час війни потрібно оцінити чотири ключові аспекти: сильні сторони (Strengths), слабкі сторони (Weaknesses), можливості (Opportunities) та загрози (Threats), які наведено у табл. 2.1-2.2.

Таблиця 2.1

SWOT-аналіз компанії "Лубнижитлобуд" (Сильні та слабкі сторони)

Сильні сторони (Strengths)	Слабкі сторони (Weaknesses)
Понад 40 років досвіду в будівництві.	Фінансова залежність від економічної ситуації.
Репутація надійного забудовника в Полтавській області.	Обмежена географія діяльності (переважно Полтавська область).
Успішна реалізація як житлових, так і соціально важливих об'єктів.	Потенційні логістичні труднощі через війну (доставка матеріалів).
Глибоке знання місцевих потреб і специфіки ринку Миргорода.	Низький попит на житло у невеликих містах через міграцію населення.
Наявність кваліфікованих спеціалістів і персоналу.	Залежність від попиту на житло в регіоні.

Сильними сторонами (Strengths) забудовника є:

1. Досвід і репутація – компанія має понад 40 років досвіду, що формує довіру серед замовників і клієнтів, реалізовані проекти в Миргороді та інших містах Полтавської області підтверджують її спроможність зводити якісні житлові й соціальні об'єкти.

○ Різноманітність діяльності – компанія спеціалізується як на житлових, так і на соціально значущих об'єктах (школи, дитсадки, культурні установи), що дозволяє диверсифікувати ризики.

2. Локальне знання ринку – глибоке розуміння специфіки Миргородського регіону та місцевих потреб, включаючи адаптацію до санаторно-курортної зони.

3. Професійний персонал – наявність кваліфікованих працівників та досвідчених фахівців у галузі будівництва.

Таблиця 2.2

SWOT-аналіз компанії "Лубнижитлобуд" (Можливості та загрози)

Можливості (Opportunities)	Загрози (Threats)
Участь у державних програмах з відновлення житла та інфраструктури після війни.	Ризики військових дій, які можуть знищити об'єкти або зашкодити працівникам.
Залучення міжнародних грантів і фінансування на відновлювальні проєкти.	Економічна криза, що обмежує купівельну спроможність клієнтів.
Впровадження сучасних енергоефективних технологій у будівництві.	Посилення конкуренції з боку інших забудовників.
Розширення діяльності на нові ринки в інших регіонах України.	Дефіцит будівельних матеріалів і зростання їх вартості.
Зростання попиту на житло через повернення населення та розвиток курортного бізнесу в Миргороді після завершення війни.	Зміна пріоритетів замовників на об'єкти критичної інфраструктури замість комерційного чи житлового будівництва.

Слабкими сторонами (Weaknesses) компанії можна назвати:

1. Фінансова залежність – зменшення інвестицій у житлове будівництво через загальну економічну нестабільність під час війни.

2. Обмежена географія – фокус здебільшого на Полтавській області може обмежувати масштаби проєктів і можливості розширення, особливо під час війни, коли більш динамічними є ринки нерухомості західних областей України.

3. Матеріально-технічна база – умови війни могли вплинути на постачання будівельних матеріалів та збої в логістиці, що затримує терміни виконання робіт. Залежність від попиту - потреба у новому житлі у

невеликих містах, таких як Миргород, може бути нижчою через міграцію населення та економічні труднощі.

Можливості (Opportunities):

1. Відновлення інфраструктури – участь у державних програмах з відновлення зруйнованої інфраструктури після війни, включаючи житло для внутрішньо переміщених осіб.

2. Розширення діяльності – вихід на нові ринки в інших регіонах України, де є більший попит на будівництво житла.

3. Інновації - впровадження енергоефективних і сучасних будівельних технологій, що можуть залучити екологічно свідомих клієнтів.

4. Підтримка міжнародних організацій – можливість отримання грантів або кредитів на відновлювальні проекти від міжнародних партнерів та донорів.

5. Підвищення попиту – збільшення попиту на житло в Миргороді завдяки поверненню населення після закінчення воєнних дій та розвитку санаторно-курортного бізнесу.

Загрози (Threats):

1. Військові дії – безпосередня загроза для будівельних об'єктів та працівників через можливі бойові дії чи обстріли.

2. Економічна криза – зниження купівельної спроможності населення та обмеження інвестицій через загальну економічну нестабільність.

3. Конкуренція – поява нових забудовників, які можуть запропонувати дешевші або більш сучасні рішення для клієнтів.

4. Дефіцит матеріалів – проблеми з постачанням будівельних матеріалів через розриви логістичних ланцюгів і підвищення цін.

5. Зміна пріоритетів – зменшення попиту на комерційні чи житлові об'єкти через зосередження уваги на критичній інфраструктурі.

Рекомендації для підприємства:

- Диверсифікувати діяльність – розширити напрямки будівництва, орієнтуючись на потреби військового часу, відновлення та реконструкцію

пошкоджених об'єктів, підвищити частку неопераційних доходів, наприклад здавати в оренду техніку або склади чи офісні приміщення, які належать підприємству.

- Співпрацювати з міжнародними партнерами – використати можливості грантів, цільових програм фінансування або допомоги на відновлення інфраструктури.

- Інвестувати в технології – переходити на більш сучасні та енергоефективні методи будівництва, використовувати перероблювані будівельні матеріали.

- Залучати місцевих мешканців – створювати робочі місця та підтримувати громаду для зміцнення репутації в регіоні.

2.2. Аналіз фінансового стану ТОВ «Лубнижитлобуд»

На основі фінансової звітності ТОВ "Лубнижитлобуд" за 2020–2024 рр. на основі врахування тенденцій розвитку і впливу війни, здійснено аналіз фінансового стану підприємства (табл. 2.3).

Отримані дані дозволяють провести аналіз та оцінити динаміку компанії за період 2020-2022 років, виявити вплив війни на діяльність підприємства, а також виявити головні тенденції і резерви покращення фінансового стану.

Аналіз ключових змін за період 2020–2021 рр. у роки, які передують початку війни:

- Дохід підприємства зріс на 16,7% завдяки зростанню попиту на житло та державним замовленням, активній участі у багатьох проектах будівництва багатоповерхових житлових будинків, а також приватного малоповерхового житла.

- Рентабельність покращилася до 10,7% за рахунок ефективного використання ресурсів і стабільних поставок матеріалів, крім того ефективно. є система управління витратами компанії, які обліковуються за

окремими проектами, що полегшує контроль, дозволяє створити ефективне стимулювання і мотивування персоналу.

- Компанія збільшила активи на 18,7 млн грн через купівлю основних засобів, які необхідними будуть у разі інвестиції в нові напрямки діяльності, такі як демонтаж і переробка відходів від зруйнованих віною будівель і споруд.

Таблиця 2.3

Показники фінансової звітності ТОВ "Лубнижитлобуд" за 2020–2024 рр.

Рік	Дохід, млн грн	Чистий прибуток, млн грн	Рівень рентабельності, %	Активи, млн грн	Зобов'язання, млн грн
2020	120	10	8,3%	80	35
2021	140	15	10,7%	95	40
2022	30	-5	-10%	60	55
2023	70	0,2	0,29%	65	60
2024	90	8	4,9%	75	50

У 2022 році, після початку війни, коли ворожі війська знаходились недалеко від столиці. Дохід впав на 64,3% через зупинку абсолютно усіх будівельних проектів, міграцію населення та фінансову нестабільність. По суті, отримано дохід тільки у перший місяць 2022 року, потім операційна діяльність майже не велась, а підприємство отримало збитки, при цьому активи також різко зменшились. Чистий збиток склав 5 млн грн, спричинений інфляцією та зростанням витрат на матеріали. У цей період зобов'язання майже дорівнювати вартості усіх активів, що вказує на катастрофічний ризик неплатоспроможності ТОВ "Лубнижитлобуд", внаслідок чого підприємство могло припинити своє існування.

Але вже у кінці 2022 року, підприємство адаптувалось до війни, відновивши роботи на деяких об'єктах, і тому 2023 рік може характеризуватись деякою стабілізацією фінансового стану:

- Дохід почав відновлюватися (+40% порівняно з 2022 роком) завдяки участі у проєктах відновлення зруйнованого житла й інфраструктури.

- Компанія досягла мінімального, але все ж прибутку (0,2 млн грн) через скорочення витрат та відновлення основної діяльності протягом року.

- Залучення позикових коштів допомогло стабілізувати фінансові потоки та продовжити роботу над проєктами, які заморожені. Також компанія вдалась до будівництва приватних житлових будинків, що допомогло продовжити діяльність і зберегти персонал.

У 2024 році компанія досягла деякого відновлення, показники не досягли довоєнного рівня але можна говорити про стабілізацію фінансового стану компанії.

- Дохід у порівнянні з 2022 роком зріс на 28,6% завдяки активній участі у проєктах відновлення житлових і соціальних об'єктів.

- Рентабельність складає половину від рівня 2020 року (4,9%), що є доброю ознакою і свідчить про ефективну адаптацію підприємства до воєнних викликів і загроз.

- Активи компанії зросли до 75 млн грн, а зобов'язання знизилися до 50 млн грн завдяки частковій виплаті боргів, а також отриманню нерозподіленого прибутку підприємством, який компанія успішно використовує для стабілізації фінансового стану.

У 2022 році ліквідність впала до критичних значень, проте з 2023 року почала відновлюватися. У 2024 році показники досягли прийняттого рівня, що свідчить про покращення платоспроможності (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Аналіз ліквідності

Рік	Коефіцієнт поточної ліквідності	Коефіцієнт швидкої ліквідності
2020	2,3	1,8
2021	2,4	2,0
2022	1,1	0,8
2023	1,3	1,0
2024	1,5	1,2

Аналіз фінансової стійкості, ділової активності та рентабельності ТОВ "Лубнижитлобуд" показав, що підприємство адаптувалось до реалій війни і продовжує досить успішно працювати на ринку, продовжуючи будувати ті об'єкти, які започатковані до війни, але нових проєктів компанія не започатковує, що може негативно вплинути на розвиток у майбутньому (табл. 2.5-2.7).

Таблиця 2.5

Аналіз фінансової стійкості

Показник	Формула	2020	2021	2022	2023	2024
Коефіцієнт автономії	Власний капітал / Активи	0,56	0,58	0,08	0,08	0,33
Коефіцієнт фінансування	Власний капітал / Зобов'язання	1,6	1,8	0,1	0,1	0,5
Коефіцієнт забезпеченості запасів	Власний капітал / Запаси	2,1	2,4	0,8	1,2	1,5

У довоєнний період, а саме у 2020–2021 роках компанія мала стійкий фінансовий стан із високим рівнем автономії (близько 56–58%), що свідчить про незалежність від позикового капіталу і є цілком прийнятним показником для отримання ресурсів.

У 2022 році спостерігається значне погіршення фінансової стійкості підприємства через війну — автономія впала до 8%, а власний капітал майже не покриває зобов'язань. Це сталося завдяки збитковості основної діяльності

підприємства по усім проектам. Різке зменшення показників вказує на ризик неплатоспроможності.

У 2023–2024 роках, завдяки відновленню діяльності зі зведення соціальної інфраструктури та зниженню боргового навантаження фінансова стійкість підприємства почала покращуватися, але все ще існує ризик отримання збитків та втрати фінансової стійкості, якщо лінія фронту наблизиться до Полтавської області або реалізуються інші ризики і військові загрози (погіршення стану в енергетиці, масові обстріли території України, наступ з півночі та інші).

У 2020–2021 роках підприємство ТОВ "Лубнижитлобуд" характеризувалося високою діловою активністю, швидкою оборотністю активів та запасів, що свідчить про ефективне використання ресурсів, раціональний діловий цикл та активну операційну діяльність протягом аналізованого періоду (табл.2.4)

У 2022 році оборотність запасів і оборотність активів підприємств різко впала через скорочення або навіть припинення у деякі періоди операційної діяльності, а середній період обороту запасів зріс до 200 днів, що свідчить про низьку ділову активність. У 2023–2024 роках підприємство почато знову налагоджувати роботу, поступово виконуючи окремі види робіт на об'єктах, беручи участь у проектах відновлення інфраструктури.

Таблиця 2.6

Аналіз ділової активності

Показник	Формула	2020	2021	2022	2023	2024
Коефіцієнт оборотності активів	Дохід / Середні активи	1,5	1,6	0,7	1,1	1,2
Коефіцієнт оборотності запасів	Дохід / Середні запаси	4,2	4,5	1,8	2,5	3,0
Середній період обороту запасів	360 / Коефіцієнт оборотності запасів	86 днів	80 днів	200 днів	144 днів	120 днів

Ділова активність підприємства почала відновлюватися завдяки участі у нових проектах інших компаній, переважно в області відновлення, переносу активних бойових дій на схід України та покращенню ресурсно-логістичних процесів будівництва, пошуку нових постачальників і партнерів.

Таблиця 2.7

Аналіз рентабельності

Показник	Формула	2020	2021	2022	2023	2024
Рентабельність продажів	Чистий прибуток / Дохід	8,3%	10,7%	-10%	0,29%	4,9%
Рентабельність активів (ROA)	Чистий прибуток / Середні активи	12,5%	15,8%	-8,3%	0,31%	5,7%
Рентабельність власного капіталу (ROE)	Чистий прибуток / Власний капітал	22,3%	27,6%	-62,5%	0,42%	8,5%

У 2020–2021 роках спостерігалась висока рентабельність продажів (до 10,7%) та власного капіталу (27,6%), яка майже у два рази перевищувала середні показники по галузі, що свідчить про успішну і прибуткову діяльність.

Збитковий 2022 рік став таким через початок війни, і відповідну непевність у майбутньому, падіння доходів громадян, втечу населення від війни, падіння продажів житла до нуля і одночасне збільшення витрат, що призвело до негативної рентабельності.

У 2023–2024 роках діяльність підприємства почала відновлюватись, відповідно і рентабельність також, у 2024 році повернувшись майже до довоєнного рівня (5,9% для виробничої діяльності).

Компанія значно втратила фінансову стійкість у 2022 році, у зв'язку із початком війни рф проти України, проте в 2023–2024 роках діяльність частково почала відновлюватись, і відповідно дещо покращився фінансовий стан підприємства. Скорочення проектів житлового будівництва і тривалі

строки обороту запасів у 2022 році свідчать про призупинення діяльності, тобто воєнні дії сильно вплинули на ділову активність в будівельному секторі, і відповідно на ділову активність ТОВ "Лубнижитлобуд". Але компанії вдалося адаптуватися до умов війни, про що свідчить низка фінансових показників ліквідності, рентабельності, ділової активності і фінансової стійкості, за якими можна побачити, що ефективність управління покращилася в 2023–2024 роках. Крім того, компанія змогла поступово перейти зі збиткового стану до відновлення прибутковості в 2023 році, а в 2024 році досягла близьких до довоєнних показників.

Можна надати наступні рекомендації для ефективного розвитку підприємства ТОВ "Лубнижитлобуд" на наступні воєнні й повоєнні роки відбудови країни:

1. Зміцнення обігових коштів – залучати звичайні позикові кошти, а також міжнародні гранти та кредити для уникнення касових розривів. При цьому підприємство отримує вигоду і в тому, що банк також ретельно реалізує проекти, в які вкладає кошти на предмет їх фінансової стійкості, ліквідності і рентабельності, виявляючи різні ризики на різних етапах життєвого циклу будови.

2. Оптимізація витрат – сьогодні на багатьох об'єктах підприємства ускладнена логістика, оскільки зазвичай використовувались будівельні матеріали закордонного виробництва, які наразі важко доставляти на об'єкти. Компанії також рекомендується використовувати енергоефективні рішення та автоматизацію для зниження витрат, впроваджувати сучасні методи управління запасами для зменшення строків їх обороту, переглянути ціноутворення та зменшити витрати на логістику й матеріали за рахунок довгострокових контрактів із постачальниками.

3. Диверсифікація проектів є перспективним напрямком зменшення воєнних ризиків. Потрібно розширювати діяльність за межі Полтавської області, оскільки більшість західних регіонів, на відміну від Полтавської області, демонструють обережне зростання будівництва, тому компанія може

там отримати кращі результати, ніж орієнтуючись на один ринок. Також рекомендується навчати персонал для роботи на зруйнованих об'єктах та орієнтуватися на відновлювальні роботи.

4. Розвиток партнерства – підприємству потрібно активно співпрацювати з державними та міжнародними організаціями, подавати заявки на отримання грантів, брати участь у різних проєктах для того, щоб показати себе надійним партнером та у майбутньому брати участь у процесі відновлення країни після війни.

Для забезпечення ефективного розвитку ТОВ "Лубнижитлобуд" у сучасних умовах необхідно впровадити низку стратегічних ініціатив, спрямованих на стабілізацію фінансового стану, підвищення ділової активності та зростання рентабельності.

По-перше, компанії слід зосередитися на зміцненні фінансової стійкості. Це можна досягти за рахунок залучення додаткових інвестицій або участі у грантових програмах від міжнародних організацій, які підтримують відновлення будівельної інфраструктури в Україні. Важливо також працювати над зменшенням боргового навантаження шляхом реструктуризації зобов'язань, зокрема переговорів із кредиторами про перегляд умов погашення боргів. Одночасно доцільно інвестувати у розвиток власного капіталу, що дозволить знизити залежність від зовнішніх джерел фінансування.

Другою ключовою складовою є оптимізація управління запасами та логістичними процесами. Ефективне планування маршрутів доставки матеріалів і впровадження цифрових систем для моніторингу транспорту допоможуть зменшити витрати на логістику. Крім того, слід зосередитися на організації локального виробництва бетону або укладенні партнерських угод із регіональними постачальниками, що дозволить скоротити строки та витрати на доставку. Також важливо знизити надлишкові запаси, впроваджуючи системи "just-in-time", що підвищить оборотність ресурсів.

Ще одним важливим напрямом є збільшення прибутковості за рахунок диверсифікації діяльності. ТОВ "Лубнижитлобуд" може розширити спектр своїх послуг, зокрема зосередитися на будівництві енергоефективного житла, інфраструктурних об'єктів або участі у програмах державного і міжнародного відновлення. Розширення географії діяльності за межі Полтавської області також стане перспективним кроком для залучення нових клієнтів і збільшення обсягів замовлень.

Крім того, для підвищення рентабельності компанії необхідно посилити внутрішній контроль над витратами. Важливо зменшити виробничі витрати шляхом впровадження сучасних технологій, автоматизації процесів і використання енергоефективних рішень. Перегляд підходів до ціноутворення та впровадження гнучких умов для замовників також можуть сприяти збільшенню обсягів продажів.

Для забезпечення стійкого розвитку ТОВ "Лубнижитлобуд" має приділяти увагу кадровій політиці. Утримання та навчання кваліфікованих фахівців, зокрема в умовах скорочення трудового ринку через війну, є ключовим фактором успіху. Впровадження програм мотивації персоналу та створення безпечних умов праці дозволять залучити та зберегти професіоналів у будівельній галузі.

Компанія повинна активно працювати над формуванням партнерських відносин із державними установами, міжнародними організаціями та приватними інвесторами. Участь у тендерах на відновлення соціальної інфраструктури, укладення довгострокових контрактів та створення репутації надійного забудовника допоможуть компанії закріпити свої позиції на ринку. Ці стратегічні ініціативи зможуть створити основу для стабільного розвитку й адаптації ТОВ "Лубнижитлобуд" до сучасних військових викликів та зможуть надати конкурентні переваги під час повоєнного відновлення житлового і соціального секторів.

2.3. Ресурсно-логістичне забезпечення будівництва як інструмент управління витратами

2.3.1. Загальні вимоги до побудови системи ресурсно-логістичного забезпечення будівництва. Будівництво – одна з найскладніших і ресурсомістких галузей економіки, що вимагає не лише значних фінансових вкладень, але й ефективного управління матеріальними та людськими ресурсами. У сучасних умовах, коли економічна нестабільність, інфляційний тиск і воєнні виклики створюють додаткові перешкоди, управління витратами стає ключовим фактором для успішного функціонування будівельних підприємств. Одним із головних інструментів оптимізації витрат є ефективне ресурсно-логістичне забезпечення будівельних проєктів. Це поняття охоплює широкий спектр діяльності: від закупівлі матеріалів і планування транспортування до управління запасами та використання сучасних цифрових технологій.

Ресурсно-логістичне забезпечення — це система організації постачання будівельних об'єктів усіма необхідними ресурсами: матеріалами, обладнанням, робочою силою та інфраструктурними рішеннями [12]. Його значення зумовлене кількома ключовими факторами. По-перше, матеріали становлять до 50–70% собівартості будівельного проєкту [13, 14, 15, 16, 17, 18], а тому навіть незначна економія на їх постачанні може суттєво вплинути на загальні витрати. По-друге, несвоєчасна доставка матеріалів або неправильне планування логістики може призвести до затримок у виконанні робіт, штрафних санкцій і втрати репутації.

Окрім цього, ефективне управління логістикою дає змогу мінімізувати витрати, пов'язані зі зберіганням та транспортуванням, що є особливо актуальним в умовах нестабільності. Наприклад, у період воєнного часу, коли руйнування інфраструктури ускладнює логістичні процеси, чітке планування маршрутів та управління запасами набувають критичного значення.

Компоненти ресурсно-логістичного забезпечення будівництва є наступними [19, 20, 21,22] (рис. 2.1):

1. *Закупівля будівельних матеріалів*

Ефективна закупівля – це перший крок до оптимізації витрат. Для цього важливо налагодити довгострокові відносини з постачальниками, що дозволяє отримувати вигідні умови та знижки.



Рис. 2.1. Компоненти ресурсно-логістичного забезпечення будівництва

Крім того, використання сучасних цифрових платформ для тендерних закупівель дозволяє порівнювати пропозиції та вибирати оптимальні за ціною і якістю матеріали.

2. *Транспортування та логістика*

Логістика є важливою складовою забезпечення будівництва. Планування маршрутів доставки матеріалів має враховувати такі фактори, як відстань, стан доріг, обмеження руху великогабаритного транспорту та потребу у спеціальних умовах для перевезення. Сучасні системи GPS-моніторингу транспорту дозволяють контролювати маршрути, що знижує витрати на паливе та зменшує ризики запізень.

3. Управління запасами

Ефективне управління запасами допомагає уникнути як дефіциту матеріалів, так і їх надлишку, що може призводити до втрат через псування або зайві витрати на зберігання. Для цього застосовуються системи "just-in-time", які забезпечують доставку матеріалів саме тоді, коли вони потрібні, мінімізуючи витрати на складування.

4. Використання цифрових технологій

Цифрові рішення, такі як системи управління ланцюгами постачання (SCM) та інформаційні платформи для управління проектами, дозволяють автоматизувати процеси закупівлі, логістики та моніторингу. Це знижує вплив людського фактора та забезпечує прозорість у всіх етапах ресурсно-логістичного забезпечення.

Ефективна логістика напряду впливає на зниження собівартості будівництва. Наприклад, оптимізація маршрутів доставки може знизити витрати на транспортування на 10–20%. Використання місцевих постачальників дозволяє скоротити транспортні витрати та забезпечити більшу гнучкість у постачанні. Крім того, уникнення простоїв завдяки чітко налагодженій логістиці дозволяє зменшити витрати на оплату праці робітників і оренду обладнання.

Якщо компанія реалізує проєкт у віддаленому регіоні, доставка бетону чи інших матеріалів може стати значною статтею витрат. Впровадження локальних виробничих потужностей (наприклад, відкриття тимчасового бетонного заводу поблизу будівельного майданчика) дозволяє суттєво знизити ці витрати, одночасно скорочуючи час доставки та підвищуючи якість матеріалів.

Попри значні переваги, організувати ефективне ресурсно-логістичне забезпечення під час війни є складним завданням, оскільки будівництво стикається з низкою викликів. Це, зокрема, нестабільність ринків, інфляція, ризики руйнування транспортної інфраструктури та дефіцит кваліфікованих фахівців. Для подолання цих проблем компаніям варто:

- Впроваджувати диверсифіковані підходи до постачання, співпрацюючи з кількома постачальниками одночасно.
- Інвестувати в навчання персоналу, щоб забезпечити належний рівень компетенцій у сфері логістики.
- Застосовувати страхування матеріалів і транспортних засобів для зниження ризиків втрат.

Ресурсно-логістичне забезпечення є важливим інструментом управління витратами в будівництві. Завдяки ефективній організації закупівель, транспортування, управління запасами та впровадженню цифрових технологій, будівельні компанії можуть значно знизити витрати, підвищити продуктивність і забезпечити конкурентоспроможність на ринку. Особливо це актуально в умовах сучасних викликів, коли раціональне використання ресурсів стає ключовим фактором успішної реалізації проєктів.

2.3.1. Постачання бетону на об'єкти у складі системи ресурсно-логістичного забезпечення будівництва ТОВ "Лубнижитлобуд".

Постачання бетону є критично важливою складовою будівельного процесу, особливо для таких компаній, як ТОВ "Лубнижитлобуд". Ефективність цього процесу напряму впливає на загальну вартість проєкту, терміни реалізації та якість виконання робіт. У рамках системи ресурсно-логістичного забезпечення, постачання бетону вимагає ретельного планування, використання сучасних технологій і оптимізації логістичних маршрутів.

Бетон є одним із базових матеріалів у будівництві, який потребує спеціальних умов транспортування та використання. Його доставка повинна враховувати час, за який матеріал може втратити свої фізико-хімічні властивості, а також специфічні умови місцевості, де здійснюється будівництво. ТОВ "Лубнижитлобуд", яке активно працює у Полтавській області, зокрема в Миргороді та навколишніх регіонах, стикається із низкою викликів, пов'язаних із постачанням бетону.

Одним із ключових аспектів успішного постачання бетону є налагоджена співпраця з виробниками матеріалу. Компанія має укласти довгострокові угоди з надійними постачальниками, які гарантують стабільну якість продукції та своєчасну доставку. Для уникнення ризиків дефіциту матеріалу або затримок у постачанні доцільно використовувати принцип диверсифікації — співпрацювати з кількома постачальниками одночасно.

Логістика доставки бетону є не менш важливою. Для забезпечення ефективності цього процесу, ТОВ "Лубнижитлобуд" використовує сучасні транспортні засоби, обладнані системами GPS-моніторингу. Це дозволяє контролювати рух бетоновозів у реальному часі, оптимізувати маршрути та мінімізувати витрати на паливо. У період воєнного часу, коли транспортна інфраструктура може бути частково зруйнована, такі технології допомагають забезпечити безперебійність постачання.

Ще одним важливим аспектом є відкриття локальних виробничих потужностей. Наприклад, створення тимчасових бетонних заводів поблизу великих будівельних майданчиків суттєво знижує витрати на транспортування та забезпечує постійний доступ до свіжоприготованого бетону. Це рішення особливо актуальне для масштабних проєктів, де потрібна велика кількість матеріалу протягом короткого періоду.

Крім того, компанія активно впроваджує цифрові технології для управління постачанням. Інформаційні системи дозволяють автоматизувати процеси замовлення бетону, відстеження доставок та управління запасами. Це сприяє зменшенню людського фактору, підвищенню точності планування і скороченню витрат.

Ресурсно-логістичне забезпечення постачання бетону також включає управління ризиками. В умовах економічної нестабільності або воєнних дій, компанія використовує страхування вантажів та транспортних засобів, що дозволяє мінімізувати фінансові втрати у разі непередбачуваних обставин.

Таким чином, постачання бетону у складі системи ресурсно-логістичного забезпечення є багатокомпонентним процесом, що вимагає

чіткої координації всіх етапів — від виробництва до доставки на будівельний майданчик. Ефективне управління цим процесом дозволяє ТОВ "Лубнижитлобуд" забезпечувати високу якість будівельних робіт, дотримання термінів реалізації проєктів і раціональне використання ресурсів. Завдяки цьому компанія зміцнює свої позиції на ринку навіть у складних економічних умовах.

Логістичні процеси, особливо постачання бетону та інших будівельних матеріалів, значно впливають на фінансовий стан підприємства ТОВ "Лубнижитлобуд". Через воєнний стан в Україні та глобальні коливання цін, вартість палива суттєво зросла. Це збільшує витрати на транспортування бетону до будівельних майданчиків. Якщо компанія обслуговує 5 майданчиків у радіусі 50 км, то витрати на транспортування можуть вирости на 20–30%, що напряду знижує прибуток.

Через пошкодження інфраструктури або небезпеку військових дій може знадобитися вибір довших маршрутів, що також підвищує витрати.

Неефективне планування маршрутів доставки бетону призводить до зайвих витрат часу та палива. Використання програмного забезпечення для оптимізації маршрутів знижує логістичні витрати.

Бетон має обмежений час транспортування (зазвичай до 2 годин після виготовлення). Несвоєчасна доставка може призвести до втрати матеріалу. Компанія змушена компенсувати втрачені матеріали, що підвищує собівартість будівництва.

Пошкодження або відсутність доріг у зоні бойових дій збільшує зношуваність техніки, що призводить до зростання витрат на обслуговування автопарку.

Збільшення логістичних витрат знижує чистий прибуток. Якщо логістичні витрати вирости на 15%, рентабельність може знизитися з 8,9% до 7,5%. В умовах підвищених витрат компанія може затримувати розрахунки з постачальниками.

Потенційні рішення для зниження впливу логістичних витрат:

Інвестування в локальні виробництва місцевих будівельних матеріалів, або тих, які мають обмежений термін споживання (бетон). Так, організація локального виробництва бетону неподалік будівельних майданчиків зменшить витрати на доставку.

1. Оптимізація транспорту. Рекомендується використання більш економічних транспортних засобів, оновлення парку будівельних машин, оренда найбільш нових та ресурсозберігаючих механізованих засобів. Також важливим є планування доставок у нічний час для зменшення заторів та швидшої доставки.

2. Співпраця з місцевими постачальниками будівельних матеріалів дозволить не витратити зайві кошти на доставку та сформувати бізнес-зв'язки із місцевою громадою, від якої часто залежить ставлення місцевих мешканців до будівництва, залучення місцевих виробників бетону, дозволить скоротити відстань доставки, а також сформувати позитивну ділову репутацію та сформувати партнерство..

3. Використання сучасних технологій, впровадження цифрових систем для моніторингу маршрутів та стану транспорту, знижує неефективні витрати.

Логістичні процеси відіграють важливу роль у формуванні собівартості проєктів і фінансових результатів компанії. Оптимізація маршрутів, інвестування в локальні потужності та впровадження технологій можуть значно зменшити негативний вплив логістичних витрат на фінансовий стан підприємства, особливо в умовах війни.

2.4. Аналіз логістичної діяльності ТОВ «Лубнижитлобуд»

Постачання будівельних матеріалів, зокрема бетону, є невід'ємною частиною діяльності ТОВ "Лубнижитлобуд". Процес забезпечення об'єктів матеріалами без використання оптимізації відбувається за традиційною схемою, яка базується на базових правилах розподілу та логістики.

Першим етапом у постачанні є визначення потреб будівельних майданчиків. Для кожного об'єкта складається список необхідних матеріалів та їхніх обсягів. Сьогодні у підприємства є потреба у постачанні бетону на об'єкти, які знаходяться за наступними адресами:

- Миргород, вул. Київська — 235 м³ бетону.
- Миргород, вул. Гоголя — 340 м³ бетону.
- с. Любівщина — 120 м³ бетону.
- с. Стадня — 65 м³ бетону.

Другим елементом системи ресурсно-логістичного забезпечення є зв'язок з постачальниками. На основі загального обсягу потреб, компанія звертається до своїх постачальників і вони мають змогу забезпечити потребу в поточному режимі – протягом одного-трьох днів від часу отримання і погодження заявки:

- Постачальник А може надати 300 м³ бетону.
- Постачальник Б — 400 м³ бетону.
- Постачальник В — 150 м³ бетону.

Прийняте рішення про розподіл ресурсів, керуючись наявністю матеріалів у постачальників і їхньою здатністю забезпечити доставку. Цей процес зазвичай базується на суб'єктивному виборі, що враховує зручність співпраці, попередній досвід роботи з постачальниками та приблизні витрати на транспортування.

Постачальники самостійно здійснюють доставку матеріалів або передають цю функцію транспортному підрозділу компанії "Лубнижитлобуд". Розподіл здійснюється наступним чином:

- Постачальник А забезпечує перші два об'єкти, Миргород (вул. Київська) та частину потреб вул. Гоголя.
- Постачальник Б доставляє бетон для решти вул. Гоголя та с. Любівщина.
- Постачальник В покриває потреби с. Стадня.

Наразі розрахунок маршрутів і завантаження транспорту здійснюється інтуїтивно, без врахування мінімізації витрат чи часу доставки. Маршрути вибираються за принципом "найшвидшого доступу" або "найменш завантаженої дороги", проте це може призводити до збільшення витрат на паливо, підвищення часу постачання через неякісні дороги або простоїв через затори або інші перешкоди.

Основними недоліками цього підходу є:

- Необґрунтовані витрати на транспортування через можливі дублювання маршрутів.
- Збільшення часу доставки через неефективну координацію постачальників.
- Ризик перевищення бюджету через відсутність чітких механізмів контролю витрат.

Таким чином, постачання матеріалів без використання оптимізації є менш ефективним і може призводити до перевитрат ресурсів. Проте для невеликих проєктів або в умовах обмеженого часу та даних цей підхід може бути достатнім для забезпечення базових потреб будівництва.

Для того, щоб покращити логістичну діяльність ТОВ "Лубнижитлобуд" необхідно здійснити наступні кроки:

- Першим етапом є детальне вивчення та планування логістичних процесів. Це передбачає:

1.1 Ідентифікація та класифікація логістичних потоків

- Оцінка типів матеріалів, обладнання та ресурсів, які будуть використовуватися на різних етапах будівництва.

- Визначення основних логістичних потоків, таких як постачання будівельних матеріалів, відвантаження відходів, переміщення техніки та обладнання, переміщення персоналу.

1.2 Моделювання логістичних процесів

- Використання методів математичного моделювання для створення моделей логістичних процесів (наприклад, лінійне програмування, методи мережевого планування, теорія черг).

- Оцінка часових, просторових та економічних аспектів логістичних операцій (транспортування, складування, обробка матеріалів).

2. Оптимізація логістичних процесів

2.1 Оптимізація маршруту доставки та постачання

- Визначення найефективніших маршрутів доставки матеріалів і обладнання, використовуючи методи оптимізації (наприклад, генетичні алгоритми для складних задач).

- Вибір оптимальних постачальників та транспортних компаній для забезпечення своєчасних поставок.

2.2 Управління запасами

- Оцінка оптимальних рівнів запасів для уникнення надлишкових витрат на зберігання або недостачу матеріалів.

- Використання технологій для автоматичного управління запасами та прогнозування потреб (системи ERP, SCM).

2.3 Планування та контроль часу

- Використання методів мережевого планування для оптимізації робочих процесів (наприклад, метод критичного шляху (CPM) або метод оцінки і аналізу варіантів (PERT)).

- Постійний моніторинг виконання робіт та коригування плану для забезпечення дотримання термінів.

3. Економічне оцінювання ефективності логістичних процесів

3.1 Оцінка витрат

- Розрахунок витрат на транспорт, зберігання, обробку та управління запасами.

- Аналіз вартості використання різних видів транспорту та техніки (автомобільний, залізничний, морський тощо).

- Оцінка витрат на людські ресурси, пов'язаних з управлінням логістикою на будівельному майданчику.

3.2 Оцінка ефективності

- Використання показників ефективності, таких як час затримки, коефіцієнт використання ресурсів, коефіцієнт продуктивності транспорту.

- Аналіз відхилень між запланованими та фактичними результатами для виявлення причин неефективності.

3.3 Аналіз ризиків

- Ідентифікація потенційних ризиків в логістичних процесах, таких як затримки постачань, проблеми з якістю матеріалів, технічні неполадки або зміни в законодавчій базі.

- Використання методів оцінки ризиків (наприклад, аналіз "що, якщо?", монте-карло) для прогнозування наслідків та розробки стратегій їх мінімізації.

4. Моніторинг і контроль логістичних процесів

4.1 Системи моніторингу та аналізу

- Використання сучасних технологій для постійного моніторингу стану запасів, пересування транспорту, стану виконання робіт.

- Інтеграція з системами управління проектами (наприклад, SAP, Oracle, MS Project), що дозволяють здійснювати контроль у реальному часі.

4.2 Використання інформаційних систем

- Впровадження ERP (Enterprise Resource Planning) систем для інтеграції логістичних процесів з іншими бізнес-функціями (фінансами, управлінням персоналом тощо).

- Використання BIM (Building Information Modeling) для забезпечення точності в управлінні матеріалами, ресурсами та контроль за витратами.

5. Оцінка результатів і коригування стратегії

5.1 Аналіз результатів

- Після завершення етапу будівництва проводиться аналіз ефективності логістичних процесів, порівняння фактичних витрат з плановими, оцінка досягнутих результатів.

- Оцінка відповідності термінів і якості робіт установленим стандартам і вимогам.

5.2 Коригування стратегії

- На основі результатів аналізу коригується стратегія управління логістикою для наступних етапів або нових проектів.

- Розробка рекомендацій для підвищення ефективності логістичних процесів, враховуючи всі виявлені недоліки та проблеми.

Методичний підхід до управління та економічного оцінювання логістичних процесів у будівництві має базуватися на комплексному підході, що включає аналіз, оптимізацію, економічне оцінювання та постійний моніторинг. Використання сучасних інформаційних технологій і математичних моделей дозволяє знизити витрати, скоротити час на виконання робіт і покращити загальну ефективність логістичних процесів, що є критично важливим для успішного завершення будівельних проектів.

Для мінімізації витрат на транспортування, зберігання та використання ресурсів у будівництві пропонується алгоритмічна модель, що базується на комбінованому підході до оптимізації розподілу завдань і маршрутів доставки. Ця модель інтегрує методи оптимізації, зокрема лінійне програмування та метод маршрутів з обмеженнями (наприклад, задачі комівояжера або транспортні задачі), що дозволяє ефективно розподіляти ресурси та оптимізувати логістичні потоки.

Метою є мінімізація сумарних витрат на транспортування, зберігання та використання ресурсів, шляхом оптимального розподілу завдань та вибору маршрутів доставки. Основними параметрами є:

- V : множина ресурсів (матеріалів, техніки, працівників тощо).
- D : множина точок доставки (склади, будівельні майданчики).
- T : транспортні засоби для доставки матеріалів і техніки.

- $C(t, v, d)$: вартість доставки ресурсу v з точки t до точки d (включає вартість транспорту, зберігання та часу).

- Q : обмеження на кількість ресурсів, які можуть бути перевезені транспортним засобом або зберігатися в точці.

- $W(t)$: витрати на використання транспортного засобу типу t (час, паливо, амортизація).

- $Z(t)$: витрати на зберігання ресурсу v в точці t .

2. Опис алгоритмічної моделі

2.1. Математичне формулювання

Задача оптимізації зводиться до мінімізації сумарних витрат на транспортування, зберігання та використання ресурсів:

$$\text{Minimize } Z_{total} = \sum_{t \in T} \sum_{v \in V} \sum_{d \in D} C(t, v, d) x(t, v, d) + \sum_{t \in T} W(t) y(t) + \sum_{v \in V} \sum_{t \in T} Z(t) z(t, v)$$

де: $x(t, v, d)$ – кількість ресурсу v , який транспортується від t до d ;

$y(t)$ – кількість використаних транспортних засобів типу t ;

$z(t, v)$ – кількість ресурсу v , що зберігається в точці t ;

2.2. Обмеження

1. Обмеження на доставку:

$$\sum_{d \in D} x(t, v, d) = q(v) \quad \forall t \in T, \forall v \in V$$

де $q(v)$ – загальна кількість ресурсу v , що має бути доставлена.

2. Обмеження на використання транспортних засобів:

$$y(t) \leq M(t) \quad \forall t \in T$$

де $M(t)$ – максимальна кількість доступних транспортних засобів типу t .

3. Обмеження на зберігання ресурсів:

$$\sum_{t \in T} z(t, v) \leq Q(v) \quad \forall v \in V$$

де $Q(v)$ – максимальна кількість ресурсу v , яку можна зберігати в точці.

4. Обмеження на ємність транспорту:

$$x(t, v, d) \leq C_{capacity}(t) \quad \forall t \in T, \quad \forall v \in V$$

де $C_{capacity}(t)$ – ємність транспортного засобу типу t .

Для розв'язання цієї задачі можна використовувати лінійне програмування з додатковими методами для вирішення транспортних задач та задачі комівояжера або мурашиний алгоритм, комбінуючи наступні етапи:

1. Моделювання витрат і обмежень:
 - Для кожного виду транспорту та кожної точки доставки обчислюються витрати на транспортування, зберігання та використання ресурсів.
2. Розподіл завдань між транспортними засобами:
 - Використовується метод оптимізації розподілу вантажів між транспортними засобами, щоб забезпечити мінімальні витрати на транспортування та зберігання.
3. Оптимізація маршрутів доставки:
 - Для визначення оптимальних маршрутів доставки можна використовувати алгоритм комівояжера або його варіанти, залежно від кількості точок доставки та наявних обмежень.
 - У разі великої кількості точок та ресурсів використовуються генетичні алгоритми або алгоритми рою частинок (PSO) для досягнення близько оптимальних рішень.
4. Постійний моніторинг та коригування:
 - Для збереження оптимальності рішення в реальному часі використовуються методи моніторингу, які враховують зміни в реальному часі (наприклад, непередбачувані зміни в обсягах доставки або затримки).

Для оцінки ефективності моделі можна використовувати такі показники:

 - Загальні витрати на транспортування, зберігання та використання ресурсів.
 - Час доставки матеріалів до будівельних майданчиків.

- Використання транспортних засобів, включаючи паливо, амортизацію та інші експлуатаційні витрати.

- Рівень заповнення складів і ефективність зберігання ресурсів.

Запропонована алгоритмічна модель дозволяє мінімізувати витрати на транспортування, зберігання та використання ресурсів у будівництві через оптимізацію розподілу завдань та маршрутів доставки.

Природні алгоритми (наприклад, генетичні алгоритми, алгоритми мурашиних колоній, бджолині алгоритми тощо) мають потужний потенціал для вирішення низки проблем управління та економічного оцінювання ресурсно-логістичного забезпечення будівництва (табл. 2.8).

Таблиця 2.8

Природні алгоритми у контексті вирішуваних проблем ресурсно-логістичного забезпечення будівництва

Проблема	Спосіб вирішення
Оптимізація постачання матеріалів	Алгоритми мурашиних колоній або генетичні алгоритми можуть допомогти знайти найкоротші та найефективніші маршрути доставки будівельних матеріалів.
Планування ресурсів	Генетичні алгоритми дозволяють оптимально розподілити ресурси (матеріали, техніку, працівників) між різними будівельними об'єктами для досягнення мінімальних витрат.
Управління запасами	Бджолині алгоритми можуть використовуватись для визначення оптимальних рівнів запасів, з урахуванням попиту, часу постачання і витрат на зберігання.
Зниження логістичних витрат	Алгоритми рою частинок або мурашині алгоритми допомагають мінімізувати витрати на транспортування матеріалів, вибираючи оптимальні маршрути.
Планування розкладу робіт	Генетичні алгоритми дозволяють створювати оптимальні графіки виконання робіт, уникаючи конфліктів і максимізуючи ефективність використання ресурсів.
Оптимізація використання техніки	Алгоритми можуть допомогти ефективно розподілити наявну техніку між об'єктами будівництва з урахуванням потреб і завантаження.
Прогнозування та оцінювання витрат	Алгоритми, натхненні природою, дозволяють моделювати складні системи будівництва для точного прогнозування витрат, включаючи приховані витрати.
Розв'язання транспортних задач	Мурашині алгоритми використовуються для вирішення задач комівояжера або задач багатоточкової доставки.

Продовження табл. 2.8

Проблема	Спосіб вирішення
Оптимізація розміщення будівельних майданчиків і складів	Алгоритми рою частинок допомагають знайти оптимальне розташування майданчиків і складів для мінімізації транспортних витрат і максимізації доступності.
Екологічне управління відходами	Природні алгоритми допомагають визначати шляхи ефективного перероблення та утилізації відходів, зменшуючи витрати і вплив на довкілля.
Інтеграція даних і адаптація до змін	Природні алгоритми здатні швидко адаптуватися до змін у даних, таких як зміна постачальників, зміни цін або затримки у доставці.
Моделювання ризиків у логістиці	Генетичні алгоритми дозволяють оцінювати ризики й адаптувати плани в реальному часі для мінімізації негативного впливу.

Використання методів лінійного програмування, задачі комівояжера та алгоритмів для оптимізації маршрутів доставки дає змогу знайти найбільш ефективні стратегії для логістичних процесів, забезпечуючи при цьому економічну вигоду та ефективне використання ресурсів, але такий підхід наразі не вважається оптимальним, оскільки існує багато методів, які також допомагають розв'язувати задачі оптимального розподілу ресурсів або постачання матеріалів на об'єкт.

Використання природних алгоритмів дозволяє підприємствам будівельної галузі адаптуватися до складних, змінних умов, знижуючи витрати та підвищуючи ефективність логістики та управління ресурсами.

Мурашиний алгоритм (Ant Colony Optimization, ACO) є метою оптимізації, що моделює поведінку мурах у природі при пошуку їжі та визначенні оптимальних маршрутів. Цей алгоритм дуже ефективно застосовується для розв'язання задач, де необхідно знайти найкоротший шлях або оптимальний розподіл ресурсів, наприклад, у задачах логістики, включаючи вибір схеми постачання будівельних матеріалів на майданчик.

Основні етапи мурашиного алгоритму при виборі схеми постачання будівельних матеріалів

1. Ініціалізація параметрів алгоритму:

○Множина точок доставки (вузлів): у випадку з постачанням будівельних матеріалів це будуть будівельні майданчики та склади (постачальники матеріалів).

○Множина мурах: кожна мураха представляє окремого "агента", що шукає оптимальний маршрут доставки матеріалів.

○Феромони: кожен шлях між точками доставки (від складу до майданчика) має певну концентрацію феромону, що впливає на вибір шляху мурахами.

○Ймовірності вибору шляху: мураха обирає шлях на основі концентрації феромонів та певних евристичних критеріїв, наприклад, вартості чи часу доставки.

2. Процес переміщення мурах:

○Вибір шляху: кожна мураха починає свій рух з початкової точки (складу) і вибирає наступну точку (будівельний майданчик) на основі ймовірності, яка залежить від двох факторів:

- Концентрація феромонів на шляху: чим більша концентрація феромонів на шляху, тим більша ймовірність, що мураха обере цей шлях.

- Евристична інформація: це може бути час, вартість доставки або інші критерії ефективності маршруту. Чим дешевший чи швидший маршрут, тим більша ймовірність його вибору.

Алгоритм вибору (ймовірність P_{ij} для шляху від i до j):

$$P_{ij} = [\tau_{ij}]^{\alpha} \cdot \eta_{ij}^{\beta} / \sum_k [\tau_{ik}]^{\alpha} \cdot \eta_{ik}^{\beta}$$

де τ_{ij} – концентрація феромонів на шляху між точками i і j ,

η_{ij} – евристична інформація (наприклад, зворотна вартість або час доставки),

α і β – параметри, що визначають вплив феромонів і евристики.

3. Оновлення феромонів: Після того, як всі мурахи завершать свою подорож і виберуть маршрути, необхідно оновити концентрацію феромонів на шляху:

- Евапорація феромонів: феромони на всіх шляхах випаровуються з певною швидкістю, що забезпечує "забування" менш оптимальних шляхів. $t_{ij} \leftarrow (1-\rho) \cdot t_{ij}$ де ρ – коефіцієнт випаровування феромонів.

- Додавання феромонів: на шляху, який вибрали мурахи, додаються феромони. Кількість доданих феромонів пропорційна якості маршруту, що забезпечує більшу ймовірність того, що цей шлях буде вибраний іншими мурахами в наступних ітераціях. $t_{ij} \leftarrow t_{ij} + \Delta t_{ij}$ – кількість феромонів, доданих на шляху ij після виконання ітерації.

4. Перевірка умови завершення: Алгоритм продовжує свій процес, поки не буде досягнуто певної кількості ітерацій або не буде знайдено задовільне рішення (наприклад, маршруту з мінімальними витратами чи часом).

5. Завершення алгоритму: Після завершення кількох ітерацій мурахи "забувають" неефективні шляхи, і найбільш оптимальні маршрути, що мають високі концентрації феромонів, стають домінуючими. В результаті, мурашиний алгоритм знаходить оптимальну схему постачання будівельних матеріалів.

Етапи застосування мурашиного алгоритму в контексті постачання матеріалів на будівельний майданчик

1. Ініціалізація: створюються початкові точки складів і будівельних майданчиків, визначаються параметри (вартість транспорту, ємність складів, типи матеріалів).

2. Запуск мурах: кожна мураха починає рухатися від складу до будівельного майданчика, вибираючи оптимальний маршрут на основі феромонів і евристичної інформації.

3. Оновлення феромонів: після кожного циклу руху мурахи оновлюють феромони на шляху, тим самим збільшуючи ймовірність вибору оптимальних маршрутів.

4. Коригування маршрутів: в результаті ітерацій мурашиний алгоритм визначає найбільш ефективні шляхи постачання, які мінімізують витрати на транспортування, зберігання і час.

Переваги використання мурашиного алгоритму в логістиці будівельних матеріалів:

- Гнучкість: алгоритм може працювати з різними типами обмежень (склади, транспортні засоби, час).
- Паралельність: багато мурах можуть одночасно шукати різні маршрути, що дозволяє швидко знаходити оптимальні рішення.
- Динамічність: з часом алгоритм адаптується до змін у середовищі, наприклад, до зміни вартості або часів доставки.

Мурашиний алгоритм є потужним інструментом для вирішення задач оптимізації логістичних процесів у будівництві, зокрема для вибору оптимальних схем постачання матеріалів на будівельні майданчики.

Висновки до розділу 2

Аналіз ринку житлового будівництва Полтавської обл. дозволив виявити, що війна суттєво вплинула на його розвиток – будівництво багатьох об'єктів нерухомості було зупинено й так і не відновилося, багато будівельних підприємств перепрофілювалося на роботи з відновлення постраждалої інфраструктури, будівництво укріплень, а багато – припинили діяльність.

Виявлено, що на даний час у місті Миргород функціонують декілька будівельних компаній, які займаються зведенням житлових комплексів різного призначення та об'єктів соціальної інфраструктури. Серед них БК "ЖК Острів», яка будує один будинок у житловому комплексі "Острів", девелоперська компанія Капітал СМ яка, має завершила три проєкти у житлових комплексах у Полтавській області, компанія Лубнижитлобуд 2010, яка закінчує роботи на чотирьох об'єктах у м. Миргород і його околицях, серед яких два приватні житлові будинки.

Оскільки ТОВ «Лубнижитлобуд» має найбільш довгу історію існування, серед аналізованих компаній та буде найбільшу кількість об'єктів, то цей забудовник обраний для подальшого розгляду.

Аналіз фінансового стану ТОВ «Лубнижитлобуд» дозволив виявити, що початок війни сильно вплинув на фінансовий стан компанії, яка вимушена була майже на вісім місяців зупинити роботи на об'єктах. У цей період спостерігається не тільки різке падіння обсягів виконуваних робіт, але і суттєве зниження показників ліквідності, ділової активності, рентабельності та фінансової стійкості компанії. Проте підприємство змогло адаптуватись до умов воєнного часу, використовуючи диверсифікацію діяльності, здійснюючи роботи у секторі приватного житлового будівництва, що було не характерно для підприємства у довоєнний період, виконуючи роботи на проєктах відновлення інфраструктури та будівництві об'єктів оборонного призначення. Результатом успішного адаптивного управління стало те, що показник і діяльності ТОВ «Лубнижитлобуд» у 2024-2024 рр. (у 2024 році для аналізу використано дані за перше півріччя) суттєво покращились, але все ж таки не досягли рівня довоєнних років (2020-2021 рр).

Виявлено, що одним із дієвих методів покращення фінансового стану компанії, зменшення собівартості є ресурсно-логістичне забезпечення будівництва, яке можна розглядати як ефективний інструмент управління витратами.

У сучасних умовах, коли економічна нестабільність, інфляційний тиск і воєнні виклики створюють додаткові перешкоди, система ресурсно-логістичного управління є ключовим фактором для успішного функціонування будівельних підприємств та охоплює широкий спектр діяльності: від закупівлі матеріалів і планування транспортування й постачання ресурсів на об'єкти до управління запасами та використання сучасних цифрових технологій.

Здійснено аналіз системи ресурсно-логістичного забезпечення ТОВ «Лубнижитлобуд». Виявлено, що у даний час розрахунок маршрутів і

завантаження транспорту здійснюється інтуїтивно, без врахування мінімізації витрат чи часу доставки. Маршрути вибираються за принципом "найшвидшого доступу" або "найменш завантаженої дороги", проте це може призводити до збільшення витрат на паливо, підвищення часу постачання через неякісні дороги або простоїв через затори або інші перешкоди.

Запропоновано використовувати мурашиний алгоритм з метою оптимізації системи постачання ресурсів підприємства та вибору оптимального маршруту, оскільки цей алгоритм дуже ефективно застосовується для розв'язання задач, де необхідно знайти найкоротший шлях або оптимальний розподіл ресурсів, наприклад, у задачах логістики, включаючи вибір схеми постачання будівельних матеріалів на майданчик.

Розділ 3

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ РЕСУРСНО-ЛОГІСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА ТОВ «ЛУБНИЖИТЛОБУД»

3.1. Управління постачанням матеріалів на об'єкт на прикладі доставки бетону на об'єкти ТОВ «Лубнижитлобуд»

Для мінімізації витрат на транспортування, зберігання та використання ресурсів у будівництві пропонується алгоритмічна модель, що базується на комбінованому підході до оптимізації розподілу завдань і маршрутів доставки. Ця модель інтегрує методи оптимізації, зокрема **лінійне програмування** та **метод маршрутів з обмеженнями** (наприклад, задачі комівояжера або транспортні задачі), що дозволяє ефективно розподіляти ресурси та оптимізувати логістичні потоки.

Метою є мінімізація сумарних витрат на транспортування, зберігання та використання ресурсів, шляхом оптимального розподілу завдань та вибору маршрутів доставки. Основними параметрами є:

- **V**: множина ресурсів (матеріалів, техніки, працівників тощо).
- **D**: множина точок доставки (склади, будівельні майданчики).
- **T**: транспортні засоби для доставки матеріалів і техніки.
- **C(t, v, d)**: вартість доставки ресурсу v з точки t до точки d (включає вартість транспорту, зберігання та часу).
- **Q**: обмеження на кількість ресурсів, які можуть бути перевезені транспортним засобом або зберігатися в точці.
- **W(t)**: витрати на використання транспортного засобу типу t (час, паливо, амортизація).
- **Z(t)**: витрати на зберігання ресурсу v в точці t .

Для розв'язання цієї задачі можна використовувати лінійне програмування з додатковими методами для вирішення транспортних задач та задачі комівояжера, комбінуючи наступні етапи:

5. Моделювання витрат і обмежень:

- Для кожного виду транспорту та кожної точки доставки обчислюються витрати на транспортування, зберігання та використання ресурсів.

6. Розподіл завдань між транспортними засобами:

- Використовується метод оптимізації розподілу вантажів між транспортними засобами, щоб забезпечити мінімальні витрати на транспортування та зберігання.

7. Оптимізація маршрутів доставки:

- Для визначення оптимальних маршрутів доставки можна використовувати алгоритм комівояжера або його варіанти, залежно від кількості точок доставки та наявних обмежень.

- У разі великої кількості точок та ресурсів використовуються генетичні алгоритми або алгоритми рою частинок (PSO) для досягнення близькооптимальних рішень.

8. Постійний моніторинг та коригування: Для збереження оптимальності рішення в реальному часі використовуються методи моніторингу, які враховують зміни в реальному часі (наприклад, непередбачувані зміни в обсягах доставки або затримки).

Для оцінки ефективності моделі можна використовувати такі показники:

- Загальні витрати на транспортування, зберігання та використання ресурсів.

- Час доставки матеріалів до будівельних майданчиків.

- Використання транспортних засобів, включаючи паливо, амортизацію та інші експлуатаційні витрати.

- Рівень заповнення складів і ефективність зберігання ресурсів.

Запропонована алгоритмічна модель дозволяє мінімізувати витрати на транспортування, зберігання та використання ресурсів у будівництві через оптимізацію розподілу завдань та маршрутів доставки. Використання методів

лінійного програмування, задачі комівояжера та алгоритмів для оптимізації маршрутів доставки дає змогу знайти найбільш ефективні стратегії для логістичних процесів, забезпечуючи при цьому економічну вигоду та ефективне використання ресурсів.

Для розробки плану перевезення бетону за допомогою мурашиного алгоритму необхідно виконати кілька етапів, використовуючи цей алгоритм для оптимізації маршруту та мінімізації витрат на транспортування. Детальний опис існуючої системи постачання матеріалів на об'єкти, що зводяться ТОВ «Лубнижитлобуд» наведено у розділі 2, тому зараз наведено короткий опис потреби і можливостей покрити постачання бетону на об'єкти та завдання з оптимізації існуючої системи.

1. Вихідні дані

- Міста та обсяги доставки:

- Миргород, вул. Київська – 235 м³.
- Миргород, вул. Гоголя – 340 тис. шт. (необхідно перевести в м³, якщо це бетон, наприклад, 1 тис. шт. = 1 м³ → 340 м³).

- с. Любівщина – 120 м³.

- с. Стадня – 65 м³.

- Постачальники та їхні запаси бетону:

- Постачальник А: 300 м³.

- Постачальник Б: 400 м³.

- Постачальник В: 150 м³.

- Вартість транспортування (або відстань) між постачальниками та майданчиками.

2. Постановка задачі

Мета – знайти маршрути доставки бетону від постачальників до будівельних майданчиків із мінімальними витратами на перевезення або найкоротшим шляхом.

3. Опис мурашиного алгоритму

Мурашиний алгоритм базується на імітації поведінки мурах у пошуку їжі:

- Феромони – показник привабливості шляху.
- Євристична функція – враховує вартість перевезення та запаси бетону.

Алгоритм включає:

1. Ініціалізацію: Створюється граф, де вершини – це постачальники та будівельні майданчики, а ребра – можливі маршрути.

2. Розподіл мурах: Кожна мураха шукає оптимальний маршрут доставки.

3. Оновлення феромонів: Найкращі маршрути отримують більше феромонів.

4. Ітерації: Алгоритм повторюється, поки не знайдеться оптимальне рішення.

4. Реалізація алгоритму

1. Моделювання графа:

- Постачальники: А, В, С.
- Будівельні майданчики: М1, М2, М3, М4.
- Матриця відстаней або вартості транспортування між

вершинами.

2. Вхідні параметри для алгоритму:

- Початкові рівні феромонів.
- Вагові коефіцієнти для феромонів і євристичної функції.
- Кількість мурах і ітерацій.

3. Оновлення феромонів розраховують, використовуючи наступну формулу:

$$\tau_{ij} = (1 - \rho) \cdot \tau_{ij} + \sum \Delta \tau_{ij},$$

де ρ – коефіцієнт випаровування,

$\Delta \tau_{ij}$ – внесок феромонів від мурах.

4. Критерій зупинки:

- Досягнення мінімальних витрат або заданої кількості ітерацій.

5. Очікуваний результат

- Маршрут доставки:
- постачальник А → Миргород (вул. Київська),
- постачальник Б → Миргород (вул. Гоголя),
- постачальник В → с. Любівщина та с. Стадня.
- Мінімальна вартість перевезення або відстань.

У таблицях 3.1-3.3 наведено опис задачі та обмежень для алгоритмічної моделі мінімізації витрат на транспортування, зберігання та використання ресурсів, необхідних для безперервного виконання робіт ТОВ «Лубнижитлобуд» на чотирьох об'єктах Полтавської області (будівельні майданчики М1-М4).

Таблиця 3.1

Опис змінних у моделі мінімізації витрат на транспортування, зберігання та використання ресурсів ТОВ «Лубнижитлобуд» на об'єктах Полтавської області

Тип	Опис	Обмеження
$x(t,v,d)$	Кількість ресурсу v , який транспортується від транспортного засобу t до точки d .	$x(t,v,d) \geq 0$
$y(t)$	Кількість транспортних засобів типу t , які використовуються для доставки.	$y(t) \leq M(t)$, де $M(t)$ — максимальна кількість доступних транспортних засобів типу t
$z(t,v)$	Кількість ресурсу v , що зберігається в точці t .	$z(t,v) \leq Q(v)$, де $Q(v)$ — максимальна кількість ресурсу v , що можна зберігати в точці t

Таблиця 3.2

**Параметри моделі мінімізації витрат на транспортування,
зберігання та використання ресурсів ТОВ «Лубнижитлобуд»
на об'єктах Полтавської області**

Параметри		
$C(t,v,d)$	Вартість транспортування ресурсу v від транспортного засобу t до точки d , включаючи витрати на транспортування та зберігання.	Необхідно визначити для всіх можливих t, v і d
$W(t)$	Витрати на використання транспортного засобу типу t (паливо, амортизація, час на маршруті тощо).	Необхідно визначити для кожного типу транспорту t
$Z(t)$	Витрати на зберігання ресурсу v в точці t (складські витрати, зберігання матеріалів, час тощо).	Необхідно визначити для кожного ресурсу v та точки зберігання t

Таблиця 3.3

**Цільова функція і обмеження моделі мінімізації витрат на
транспортування, зберігання та використання ресурсів
ТОВ «Лубнижитлобуд» на об'єктах Полтавської області**

Цільова функція Z_{total}	
Мінімізація загальних витрат на транспортування, зберігання та використання ресурсів	$Minimize Z_{total} = \sum_{t \in T} \sum_{v \in V} \sum_{d \in D} C(t,v,d) x(t,v,d) + \sum_{t \in T} W(t) y(t) + \sum_{v \in V} \sum_{t \in T} Z(t) z(t,v)$
Обмеження на доставку	$\sum_{d \in D} x(t,v,d) = q(v) \quad \forall t \in T, \forall v \in V$, де $q(v)$ – кількість ресурсу v
Обмеження на використання транспорту	$y(t) \leq M(t) \quad \forall t \in T$, де $M(t)$ – максимальна кількість транспортних засобів типу t
Обмеження на зберігання	$\sum_{t \in T} z(t,v) \leq Q(v) \quad \forall v \in V$, де $Q(v)$ – максимальна кількість ресурсу, яку можна зберігати
Обмеження на ємність транспорту	$x(t,v,d) \leq C_{capacity}(t) \quad \forall t \in T, \forall v \in V, \forall d \in D$, де $C_{capacity}(t)$ – ємність транспортного засобу типу t

1. Змінні:

○ $x(t, v, d)$ – кількість ресурсу v , що транспортується з точки t до точки d .

○ $y(t)$ – кількість транспортних засобів типу t , що використовуються для доставки.

○ $z(t, v)$ – кількість ресурсу v , що зберігається в точці t .

2. Параметри:

○ $C(t, v, d)$ – вартість транспортування ресурсу v від транспортного засобу t до точки d .

○ $W(t)$ – витрати на експлуатацію транспортного засобу типу t (паливо, час).

○ $Z(t)$ – витрати на зберігання ресурсу v в точці t .

3. Обмеження:

○ Обмеження на доставку: загальна кількість ресурсу v , що транспортується, повинна дорівнювати запланованій кількості $q(v)$.

○ Обмеження на використання транспорту: кількість транспортних засобів типу t не може перевищувати наявну кількість $M(t)$.

○ Обмеження на зберігання: кількість ресурсу v , що зберігається в точці t , не повинна перевищувати максимальну кількість $Q(v)$.

○ Обмеження на ємність транспорту: кількість ресурсу v , що транспортується транспортним засобом типу t , не може перевищувати його ємності.

Ця модель дозволяє оптимізувати логістичні процеси, мінімізуючи витрати на транспортування, зберігання та використання ресурсів.

Мурашиний алгоритм (Ant Colony Optimization, ACO) є метою оптимізації, що моделює поведінку мурах у природі при пошуку їжі та визначенні оптимальних маршрутів. Цей алгоритм дуже ефективно застосовується для розв'язання задач, де необхідно знайти найкоротший шлях або оптимальний розподіл ресурсів, наприклад, у задачах логістики, включаючи вибір схеми постачання будівельних матеріалів на майданчик.

Основні етапи мурашиного алгоритму при виборі схеми постачання будівельних матеріалів

6. Ініціалізація параметрів алгоритму:

○ Множина точок доставки (вузлів): у випадку з постачанням будівельних матеріалів це будуть будівельні майданчики та склади (постачальники матеріалів).

○ Множина мурах: кожна мураха представляє окремого "агента", що шукає оптимальний маршрут доставки матеріалів.

○ Феромони: кожен шлях між точками доставки (від складу до майданчика) має певну концентрацію феромону, що впливає на вибір шляху мурахами.

○ Ймовірності вибору шляху: мураха обирає шлях на основі концентрації феромонів та певних евристичних критеріїв, наприклад, вартості чи часу доставки.

7. Процес переміщення мурах:

○ Вибір шляху: кожна мураха починає свій рух з початкової точки (складу) і вибирає наступну точку (будівельний майданчик) на основі ймовірності, яка залежить від двох факторів:

▪ Концентрація феромонів на шляху: чим більша концентрація феромонів на шляху, тим більша ймовірність, що мураха обере цей шлях.

▪ Евристична інформація: це може бути час, вартість доставки або інші критерії ефективності маршруту. Чим дешевший чи швидший маршрут, тим більша ймовірність його вибору.

Алгоритм вибору шляху P_{ij} можна розрахувати за наступною формулою:

$$P_{ij} = \frac{[\tau_{ij}]^{\alpha} \cdot \eta_{ij}^{\beta}}{\sum_k [\tau_{ik}]^{\alpha} \cdot \eta_{ik}^{\beta}},$$

де τ_{ij} – концентрація феромонів на шляху між точками i і j ;

η_{ij} – евристична інформація (наприклад, зворотна вартість або час доставки);

α і β – параметри, що визначають вплив феромонів і евристики.

В термінах теорії графів рішення класичної задачі зводиться до побудови кількох гамільтонових циклів мінімальної довжини на підграфах графа G з однією загальною вершиною-депо. За відсутності обмеження вантажопідйомності та довільної кількості транспортних засобів, задача зводиться до побудови k циклів з загальною вершиною 0 , які разом містять всі вершини графа і мінімізують суму вартості об'їзду усіх точок..

8. Оновлення феромонів. Після того, як всі мурахи завершать свою подорож і виберуть маршрути, необхідно оновити концентрацію феромонів на шляху:

Евапорація феромонів: феромони на всіх шляхах випаровуються з певною швидкістю, що забезпечує "забування" менш оптимальних шляхів.

$$\tau_{ij} \leftarrow (1 - \rho) \cdot \tau_{ij}$$

де ρ – коефіцієнт випаровування феромонів.

8. Додавання феромонів. на шляху, який вибрали мурахи, додаються феромони. Кількість доданих феромонів пропорційна якості маршруту, що забезпечує більшу ймовірність того, що цей шлях буде вибраний іншими мурахами в наступних ітераціях.

$\tau_{ij} \leftarrow \tau_{ij} + \Delta\tau_{ij}$ – кількість феромонів, доданих на шляху ij після виконання ітерації.

9. Перевірка умови завершення. Алгоритм продовжує свій процес, поки не буде досягнуто певної кількості ітерацій або не буде знайдено задовільне рішення (наприклад, маршруту з мінімальними витратами чи часом).

10. Завершення алгоритму. Після завершення кількох ітерацій мурахи "забувають" неефективні шляхи, і найбільш оптимальні маршрути, що мають високі концентрації феромонів, стають домінуючими. В результаті,

мурашиний алгоритм знаходить оптимальну схему постачання будівельних матеріалів.

Схема дії мурашиного алгоритму, застосованого до вибору схеми постачання будівельних матеріалів (рис. 3.1).

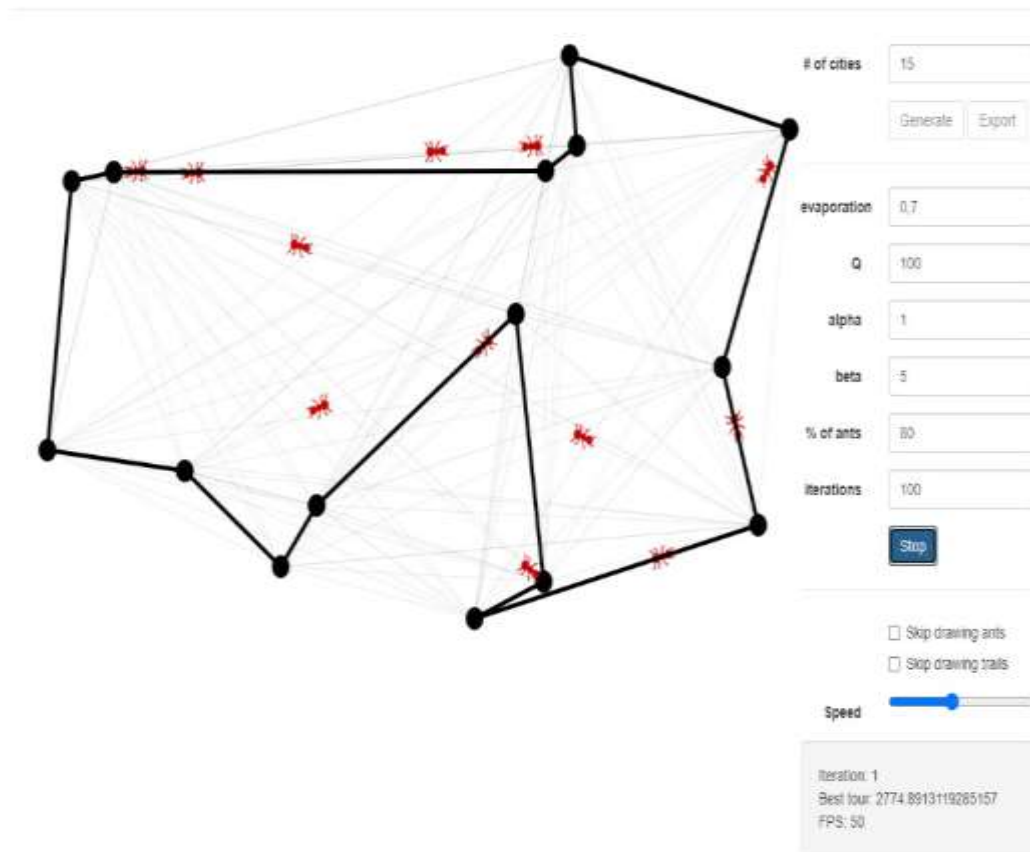


Рис. 3.1. Схема дії мурашиного алгоритму [23]

Схема показує, як мурахи (що представляють агентів прийняття рішень) рухаються між будівельними майданчиками (позначеними як вузли) та постачальними центрами матеріалів (інші вузли), орієнтуючись на концентрацію феромонів. Чим товстіший шлях, тим більше феромонів на ньому, що вказує на оптимальний шлях для доставки матеріалів.

Сьогодні існує безліч різновидів задачі більшість яких є комбінаціями декількох основних розширень класичного варіанта. Всі вони відрізняються, в основному, різними реальними обмеженнями, що накладаються на рішення, що отримується.

Етапи застосування мурашиного алгоритму в контексті постачання матеріалів на будівельний майданчик

5. Ініціалізація – створюються початкові точки складів і будівельних майданчиків, визначаються параметри (вартість транспорту, ємність складів, типи матеріалів).

6. Запуск мурах – кожна мураха починає рухатися від складу до будівельного майданчика, вибираючи оптимальний маршрут на основі феромонів і евристичної інформації.

7. Оновлення феромонів – після кожного циклу руху мурахи оновлюють феромони на шляху, тим самим збільшуючи ймовірність вибору оптимальних маршрутів.

8. Коригування маршрутів – в результаті ітерацій мурашиний алгоритм визначає найбільш ефективні шляхи постачання, які мінімізують витрати на транспортування, зберігання і час.

Переваги використання мурашиного алгоритму в логістиці будівельних матеріалів:

- Гнучкість: алгоритм може працювати з різними типами обмежень (склади, транспортні засоби, час).
- Паралельність: багато мурах можуть одночасно шукати різні маршрути, що дозволяє швидко знаходити оптимальні рішення.
- Динамічність: з часом алгоритм адаптується до змін у середовищі, наприклад, до зміни вартості або часів доставки.

Мурашиний алгоритм є потужним інструментом для вирішення задач оптимізації логістичних процесів у будівництві, зокрема для вибору оптимальних схем постачання матеріалів на будівельні майданчики.

3.2. Оптимізація постачання бетону на об'єкти ТОВ «Лубнижитлобуд»

Мурашині алгоритми допомагають приймати оптимальні рішення в умовах великої кількості змінних і обмежень, забезпечуючи гнучкість і адаптивність управлінських процесів.

Першим етапом оптимізації ресурсно-логістичного забезпечення будівництва об'єктів, які зводяться ТОВ «Лубнижитлобуд», є детальне вивчення та планування логістичних процесів, що передбачає багатоетапний процес, який складається з наступних етапів:

Етап 1. Планування. Включає ідентифікацію та класифікацію логістичних потоків, оцінку типів матеріалів, обладнання та ресурсів, які будуть використовуватися на різних етапах будівництва, визначення основних логістичних потоків, таких як постачання будівельних матеріалів, відвантаження відходів, переміщення техніки та обладнання, переміщення персоналу, моделювання логістичних процесів, використання методів математичного моделювання для створення моделей логістичних процесів (наприклад, лінійне програмування, методи мережевого планування, теорія черг), оцінку часових, просторових та економічних аспектів логістичних операцій (транспортування, складування, обробка матеріалів).

Етап 2. Оптимізація логістичних процесів. Оптимізація маршруту постачання, визначення найефективніших маршрутів доставки матеріалів і обладнання, використовуючи методи оптимізації (наприклад, алгоритми Дейкстри або генетичні алгоритми для складних задач), вибір оптимальних постачальників та транспортних компаній для забезпечення своєчасних поставок), управління запасами, оцінка оптимальних рівнів запасів для уникнення надлишкових витрат на зберігання або недостачу матеріалів, використання технологій для автоматичного управління запасами та прогнозування потреб (системи ERP, SCM), планування та контроль часу, використання методів мережевого планування для оптимізації робочих процесів (наприклад, метод критичного шляху (CPM) або метод оцінки і

аналізу варіантів (PERT)), постійний моніторинг виконання робіт та коригування плану для забезпечення дотримання термінів.

Етап 3. Економічне оцінювання ефективності логістичних процесів.

До цього етапу належать оцінка витрат, розрахунок витрат на транспорт, зберігання, обробку та управління запасами, аналіз вартості використання різних видів транспорту та техніки (автомобільний, залізничний, морський тощо), оцінка витрат на людські ресурси, пов'язаних з управлінням логістикою на будівельному майданчику, оцінка ефективності, використання показників ефективності, таких як час затримки, коефіцієнт використання ресурсів, коефіцієнт продуктивності транспорту, аналіз відхилень між запланованими та фактичними результатами для виявлення причин неефективності, аналіз ризиків, ідентифікація потенційних ризиків в логістичних процесах, таких як затримки постачань, проблеми з якістю матеріалів, технічні неполадки або зміни в законодавчій базі, використання методів оцінки ризиків (наприклад, аналіз "що, якщо?", Монте-Карло) для прогнозування наслідків та розробки стратегій їх мінімізації.

Етап 4. Моніторинг і контроль логістичних процесів. Включає використання системи моніторингу та аналізу, використання сучасних технологій для постійного моніторингу стану запасів, пересування транспорту, стану виконання робіт, інтеграція з системами управління проектами (наприклад, SAP, Oracle, MS Project), що дозволяють здійснювати контроль у реальному часі, використання інформаційних систем, впровадження ERP (Enterprise Resource Planning) систем для інтеграції логістичних процесів з іншими бізнес-функціями (фінансами, управлінням персоналом тощо), використання BIM (Building Information Modeling) для забезпечення точності в управлінні матеріалами, ресурсами та контроль за витратами.

5. Оцінка результатів і коригування стратегії. Аналіз результатів, після завершення етапу будівництва проводиться аналіз ефективності логістичних процесів, порівняння фактичних витрат з плановими, оцінка

досягнутих результатів, оцінка відповідності термінів і якості робіт установленим стандартам і вимогам, коректування стратегії, на основі результатів аналізу коригується стратегія управління логістикою для наступних етапів або нових проектів, розробка рекомендацій для підвищення ефективності логістичних процесів, враховуючи всі виявлені недоліки та проблеми.

Методичний підхід до управління та економічного оцінювання логістичних процесів у будівництві має базуватися на комплексному підході, що включає аналіз, оптимізацію, економічне оцінювання та постійний моніторинг. Використання сучасних інформаційних технологій і математичних моделей дозволяє знизити витрати, скоротити час на виконання робіт і покращити загальну ефективність логістичних процесів, що є критично важливим для успішного завершення будівельних проектів.

Ресурсно-логістична діяльність ТОВ "Лубнижитлобуд" базується на ефективному управлінні постачанням будівельних матеріалів, зокрема бетону, для забезпечення своєчасного виконання проектів. Одним із ключових інструментів оптимізації цієї діяльності є використання мурашиного алгоритму для розробки плану перевезення матеріалів. Цей метод дозволяє мінімізувати витрати на транспортування, забезпечуючи при цьому високу ефективність роботи.

Для розробки логістичного плану постачання бетону на різні будівельні майданчики було проведено кілька етапів аналізу та оптимізації. Вихідні дані включають інформацію про обсяги доставки, запаси постачальників і вартість транспортування між точками.

На першому етапі було визначено обсяги бетону, необхідні для кожного об'єкта:

- Миргород, вул. Київська — 235 м³.
- Миргород, вул. Гоголя — 340 м³.
- с. Любівщина — 120 м³.
- с. Стадня — 65 м³.

Сукупна потреба становить 760 м³ бетону, що розподіляється між чотирма будівельними майданчиками. Запаси постачальників виглядають наступним чином:

- Постачальник А: 300 м³.
- Постачальник Б: 400 м³.
- Постачальник В: 150 м³.

Загальний обсяг доступних матеріалів у постачальників дорівнює 850 м³, що перевищує потребу, дозволяючи гнучко організувати розподіл ресурсів (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Таблиця тарифів перевезення і запасів

Постачальники Майданчики	Миргород, вул. Київська (235 м ³)	Миргород, вул. Гоголя (340 м ³)	с. Любівщина (120 м ³)	с. Стадня (65 м ³)	Запаси (м ³)
м. Миргород. Беламтон	331	320	396	396	520
м. Миргород. Бетон Миргород	325	298	340	377	170
м. Миргород. Цех виробництва плитки	349	302	340	358	70
Потреби (м ³)	235	340	120	65	

На другому етапі для оптимізації процесу транспортування було враховано вартість перевезення (або відстань) між постачальниками та будівельними майданчиками. Для цього застосовано мурашиний алгоритм – метод, заснований на природному моделюванні поведінки мурах у пошуках оптимальних шляхів. Алгоритм працює шляхом імітації накладання “феромонних слідів”, які згодом використовуються для визначення найкращих маршрутів.

Необхідно розробити план перевезення від конкурентних постачальників (рис. 3.2-3.4) до конкретних користувачів на будівельних майданчиках.

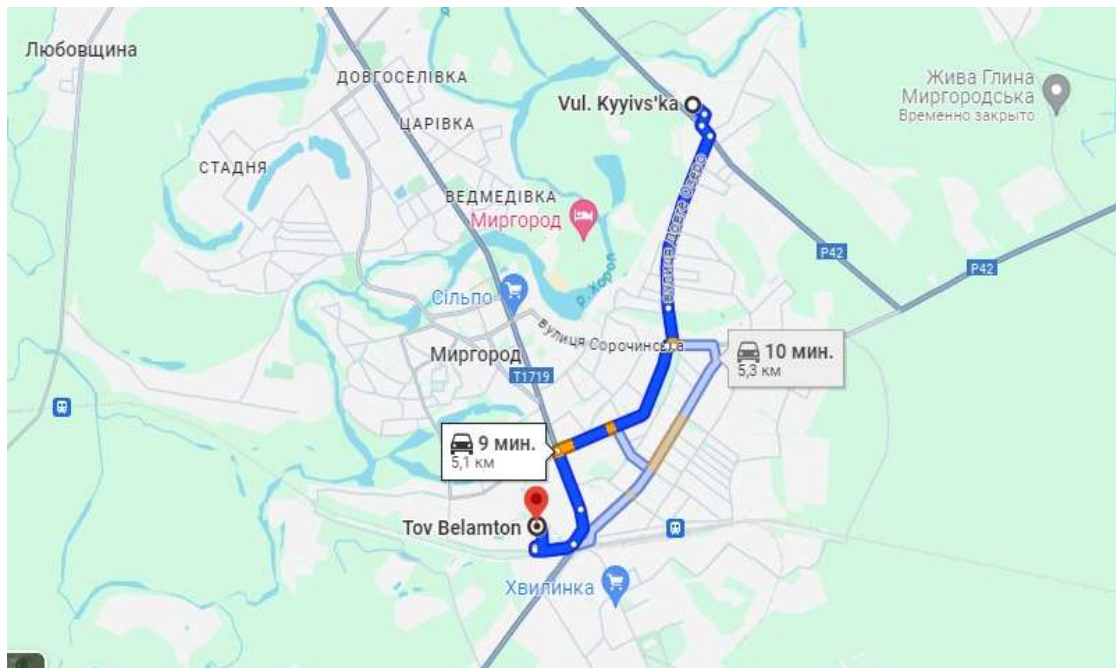


Рис. 3.2. Відстань від постачальника «Белатон» до одного з об'єктів у м. Миргород

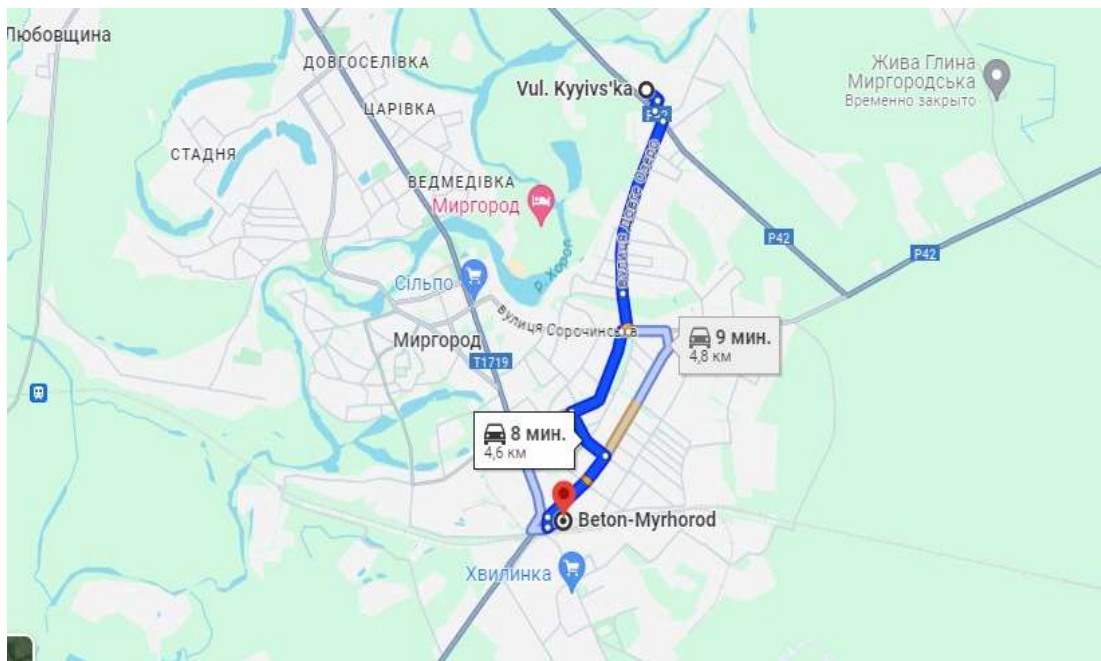


Рис. 3.3. Відстань від постачальника «Бетон- Миргород» до одного з об'єктів

Завданням є розробка плану постачання бетону на будівельні об'єкти Полтавської обл., які знаходяться у місті та передмісті м. Миргород, а також у м. Полтава. На ці об'єкти необхідно поставити матеріали (у даному випадку бетон) відповідно до плану постачання.

Бетон має бути поставлений у такі міста у відповідній кількості: у м. Миргород, вул. Київська – 235 м³, у м. Миргород, вул. Гоголя – 340 м³, у с. Любівщина – 120 м³, у с. Стадня – 65 м³.

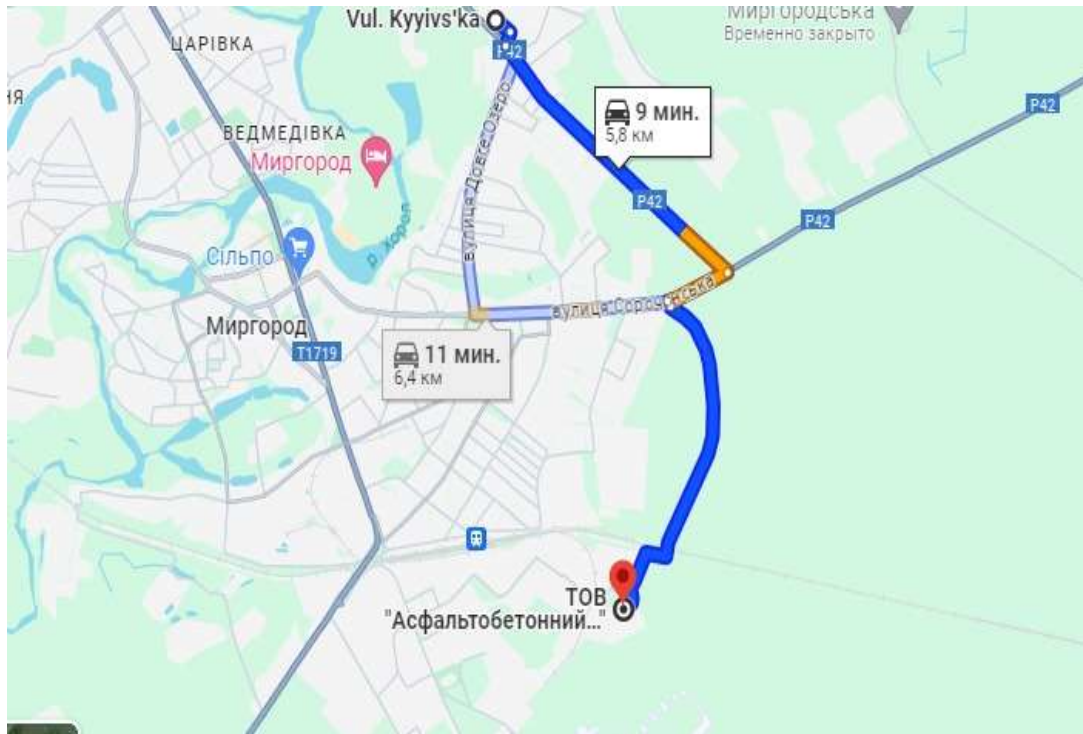


Рис. 3.4. Відстань від постачальника ТОВ «Асфальтобетонний завод» до одного з об'єктів

Під час оптимізації було виконано наступні дії:

1. Сформовано матрицю вартостей транспортування між постачальниками та об'єктами.
2. Здійснено початковий розподіл ресурсів відповідно до потреб кожного майданчика.
3. Ітеративно визначено маршрути, які мінімізують витрати на транспортування, з урахуванням обмежень щодо запасів кожного постачальника та потреб кожного будівельного об'єкта.

На третьому етапі отримано оптимізовані маршрути постачання:

- Постачальник А забезпечує потреби майданчиків у Миргороді (вул. Київська) та частково в с. Любівщина.

- Постачальник Б здійснює постачання на вул. Гоголя та в с. Стадня.
- Постачальник В доповнює доставку для с. Любівщина та забезпечує резерв для інших об'єктів у разі непередбачених обставин.

Впровадження такого підходу дозволяє компанії ТОВ "Лубнижитлобуд" досягти значної економії витрат на транспортування, знизити ризики затримок і забезпечити високу якість матеріалів на об'єктах. Ресурсно-логістична діяльність у поєднанні із сучасними алгоритмічними методами управління сприяє підвищенню конкурентоспроможності компанії та її стабільності на ринку будівельних послуг.

1. Модель задачі, результати якої представлено у табл. 3.5:

- Постачальники: три джерела з відповідними запасами.
- Майданчики: чотири точки з відомими потребами.
- Тарифна матриця: вартість перевезення від кожного постачальника до кожного майданчика.

2. Мурашиний алгоритм:

- Граф: вершини – постачальники і майданчики; ребра – вартість перевезення.
- Мурахи: кожна мураха шукає оптимальне рішення для задоволення потреб усіх майданчиків.
- Феромони: шляхи, які забезпечують мінімальну вартість, отримують більше феромонів.
- Євристична функція: враховує тарифи та доступність ресурсів.

3. Цільова функція: Мінімізувати загальну вартість перевезення:

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij} \cdot X_{ij},$$

де C_{ij} – тариф від постачальника i до майданчика j ,

X_{ij} – кількість бетону, що перевозиться.

Таблиця 3.5

Результати оптимізації

Постачальник	Тарифи перевезення				Потужність
	м. Миргород, вул. Київська	м.Миргород, вул. Гоголя	с. Любівщина	с. Стадня	
м. Миргород. Белатон	200	320			520
м. Миргород. Бетон Миргород	35	20	115		170
м. Миргород. Цех виробництва плитки			5	65	70
Потреби	235	340	120	65	760
Задоволено	235	340	120	65	

Ресурсно-логістична діяльність підприємства може бути вдосконалена шляхом впровадження сучасних підходів і технологій, спрямованих на оптимізацію витрат та підвищення ефективності (табл. 3.6).

Оптимізація логістики передбачає використання мурашиних алгоритмів, які дозволяють знаходити найкоротші маршрути доставки будівельних матеріалів. Це рішення сприятиме зниженню витрат на транспортування та підвищенню загальної ефективності логістичних процесів.

У контексті планування будівництва особливо важливим є раціональний розподіл ресурсів, включаючи матеріали, техніку та робочу силу, між будівельними об'єктами. Для цього доцільно застосовувати оптимізаційні моделі, які допомагають мінімізувати затримки в реалізації проектів і забезпечують ефективне використання всіх наявних ресурсів.

Управління запасами відіграє ключову роль у забезпеченні безперебійного процесу будівництва. Використання алгоритмів для визначення оптимального рівня запасів і моментів їхнього поповнення

дозволяє скоротити витрати на зберігання матеріалів та уникнути дефіциту, що може негативно вплинути на терміни виконання робіт.

Таблиця 3.6

Рекомендації для девелоперів з використання мурашиних алгоритмів

Напрямок	Рекомендація	Результат
Оптимізація логістики	Використовувати мурашині алгоритми для пошуку найкоротших маршрутів доставки будматеріалів.	Зниження витрат на транспортування, підвищення ефективності логістики.
Планування будівництва	Розподіл ресурсів (матеріалів, техніки, робочої сили) між об'єктами за допомогою оптимізаційних моделей.	Мінімізація затримок, ефективне використання ресурсів.
Управління запасами	Використовувати алгоритми для визначення оптимального рівня запасів і часу їхнього поповнення.	Зменшення витрат на зберігання, уникнення дефіциту матеріалів.
Розташування майданчиків	Застосовувати алгоритми для вибору оптимального місця для складів і баз постачання.	Мінімізація транспортних витрат і часу доставки.
Оптимізація графіків	Генерувати розклади робіт із врахуванням залежностей між завданнями і наявності ресурсів.	Підвищення продуктивності, зменшення простоїв.
Аналіз ризиків	Використовувати алгоритми для моделювання сценаріїв і адаптації до змін у проектах.	Швидке реагування на зміни, мінімізація втрат від ризиків.
Планування транспортної мережі	Оптимізувати маршрути будівельної техніки та машин для обслуговування об'єктів.	Ефективне використання техніки, скорочення витрат на паливо та амортизацію.
Енергетична ефективність	Планувати енергозатрати будівельних об'єктів на основі оптимальних моделей, збудованих алгоритмами.	Скорочення витрат на енергоресурси, підвищення екологічності.

Ще одним важливим аспектом є вибір оптимального розташування будівельних майданчиків і складів. Алгоритми для визначення найбільш вигідних локацій баз постачання сприяють мінімізації транспортних витрат і скороченню часу доставки матеріалів до об'єктів.

Важливим завданням у процесі будівництва є оптимізація графіків виконання робіт. Розклади, що враховують взаємозалежності між завданнями та наявність ресурсів, допомагають підвищити продуктивність робочих процесів і зменшити простої на об'єктах.

Для зменшення ризиків, пов'язаних із будівництвом, рекомендується використовувати алгоритми моделювання сценаріїв і адаптації до змін. Це дозволить оперативно реагувати на можливі проблеми, знижуючи втрати та забезпечуючи стабільність реалізації проєктів.

У сфері планування транспортної мережі варто оптимізувати маршрути руху будівельної техніки та машин. Це рішення сприятиме ефективнішому використанню техніки, скороченню витрат на паливо та зменшенню амортизаційних витрат.

Нарешті, підвищення енергетичної ефективності є важливим напрямком діяльності. Використання оптимальних моделей планування енергозатрат дозволяє зменшити витрати на енергоресурси та сприяє екологізації будівельних процесів. У сукупності ці заходи забезпечують довгострокову конкурентоспроможність компанії на ринку.

3.3. Шляхи удосконалення логістичних процесів ТОВ «Лубнижитлобуд»

Логістичні процеси є невід'ємною частиною успішного функціонування будь-якої будівельної компанії, і ТОВ "Лубнижитлобуд" не є винятком. В умовах сучасної конкуренції на ринку будівництва, підвищення ефективності логістики стає стратегічно важливим завданням, яке сприяє зниженню витрат, підвищенню швидкості виконання робіт та забезпеченню високої якості обслуговування клієнтів. Удосконалення логістичних процесів компанії може стати основою для довгострокового розвитку і стабільного зростання, і може здійснюватись у декількох напрямках (рис. 3.5).



Рис. 3.5. Напрямки удосконалення системи ресурсно-логістичного забезпечення будівництва

Одним із ключових напрямків удосконалення логістичних процесів є впровадження сучасних інформаційних технологій. Як зазначається у статті [24, С. 169-170]: «Повільний темп інновацій у будівельній галузі скоріше є наслідком систематичної нестачі широких статистичних, аналітичних, операційних, економічних та ін. даних майже на всіх ключових етапах та

процесах. Що взагалі можна охарактеризувати як певний "інформаційний вакуум", який заважає галузі системно акумулювати та оперувати даними протягом життєвого циклу об'єктів, створюючи надійну аналітичну базу для прийняття рішень. Так, будівельна галузь займає чи не останні місця за індексом цифровізації, а також характеризується, як високо локалізований і фрагментований сектор, який відстає в більшості критеріїв. Наприклад, прийняття рішень на будівельних майданчиках для різних секторів, які географічно розсіяні – досить важке завдання. І враховуючи різні рівні компетенцій дрібних будівельних фірм, які часто функціонують як субпідрядники, створення нових можливостей у масштабах всієї галузі є ще одним викликом. До того ж, завдяки використанню, у своїй більшості, традиційних методів проектування існує досить вагома проблема постійної «втрати» даних на кожному з переходів до наступного етапу життєвого циклу об'єкта. В цей же час, інвестиції сектору в інформаційні та комунікаційні технології є замалими порівняно з іншими секторами. Дивлячись на означені виклики як на певний мотиватор, наразі будівельна галузь має великий потенціал для подальших змін. Враховуючи стрімкий розвиток нових технологій, таких як промислове 3D сканування та друкування, дрони, доповнена реальність, роботизація будівельних майданчиків, нові матеріали, сучасне програмне забезпечення та інформаційні платформи, більшість з яких досягла ринкової зрілості для широкого застосування, цифровізація будівельної галузі, де ключова роль відводиться застосуванню технологій та підходів інформаційного моделювання (BIM), все частіше визнається потенційним поштовхом для галузі, що може суттєво сприяти сталому розвитку та, зокрема, упровадження принципів Стратегії ЄС 2020». Важливість цифровізації для стабільного розвитку будівельних підприємств і усього сектору загалом підкреслюється у ряді статей [25, 26, 27, 28, 29, 30, 31,32].

Використання спеціалізованого програмного забезпечення для управління ланцюгами постачання дозволить оптимізувати планування

маршрутів, відстеження вантажів, контроль запасів та координацію між різними підрозділами компанії та різними об'єктами, або проектами які можуть підпорядковуватись одному менеджеру проектів. Наприклад, інтеграція мурашиних алгоритмів у процес розробки маршрутів постачання будівельних матеріалів на різні будівельні об'єкти дозволить мінімізувати витрати на транспортування, зменшити час доставки та підвищити точність виконання замовлень.

Другим важливим напрямком є оптимізація управління запасами, важливість якої для підвищення конкурентоспроможності й ефективності діяльності підприємств будівельного сектору зазначаються у ряді праць [33, 34, 35, 36, 37, 38,39]. Для ТОВ "Лубнижитлобуд" можна рекомендувати впровадження методик Just-in-Time (точно вчасно) або аналізу ABC-XYZ для класифікації матеріалів за пріоритетністю та потребою, після чого більше уваги надається постачанню і контролю витрат по пріоритетній групі матеріалів (наприклад групам А і В). Це допоможе уникнути перевитрат на зберігання, знизити ризик дефіциту матеріалів та забезпечити безперебійність будівельних робіт завдяки організації ресурсно-логістичного забезпечення. Удосконалення управління запасами також передбачає активну співпрацю з постачальниками матеріалів, виробів і конструкцій на об'єкти, що дасть змогу налагодити чіткий графік постачань та створити довгострокові партнерські відносини.

Ще одним шляхом удосконалення системи ресурсно-логістичного забезпечення будівництва є інтеграція екологічних підходів та ресурсозбереження у логістичні процеси зведення об'єктів різного призначення [40, 41]. Як зазначається у статті [42]: «Екологічність будівництва – це не просто новомодний плин та хайп, це вимушений спосіб мислення сучасної людини. Якщо ми хочемо залишатися здоровими, і щоб наші діти не отримали після нас у спадщину океани пластмаси і забруднене повітря, ми зобов'язані піклуватися про стан навколишнього середовища вже зараз. Будівлі великих міст споживають 40% всієї первинної енергії, 67%

всієї електрики, 40% всієї сировини, 14% всіх запасів питної води, а також виробляють 35% всіх викидів вуглекислого газу і мало не половину всіх твердих побутових відходів, тому проектування, зведення, експлуатація, ремонт та знесення в сфері будівництва та нерухомості потребує оптимізації технологій. Зелене» будівництво має за мету повністю переглянути підхід до будівництва, і не лише, наприклад, встановлювати сонячні батареї та називатись екологічним, а починати дбати про навколишнє середовище з перших етапів проектування та планування, процес виготовлення екологічних матеріалів з вторинної сировини, їх доставку до будмайданчика, поважне відношення замовника до працівників, поважне відношення працівників до своєї роботи, систему утилізації відходів та багато іншого. У світі споживацтва не так давно з'явився термін «sustainability». Буквально він перекладається як «стійкість» або «сталість» оточуючої середовища. Насправді це ціла філософія у сфері екології, що має на увазі збереження ресурсів планети за допомогою максимальної кількості заходів та свідомого підходу до життя. Сучасний енвайронментальний менеджмент допомагає людям вживати більш якісну та корисну їжу, сортувати сміття, обирати екологічні тканини для одягу та побуту, економити воду, не використовувати шкідливого пального та хімічні речовини, що забруднюють планету. Будівництво є однією з важливих сфер, де потрібно слідкувати за підходом «sustainable». В Україні цей рух новий, але поступово набирає оберти. Так, з'являються природоохоронні проекти, набувають чинності закони про енергоефективність будівель та використання екологічних матеріалів, все більше державних та приватних забудовників встановлюють сонячні батареї, будують станції для електромобілів, сортують сміття, висаджують зелені зони, використовують теплиці для вирощування екопродуктів, користуються системою «розумного будинку». Проте, у впровадженні екологічних підходів у будівництво, перед сучасними будівельними підприємства постає ряд перешкод і бар'єрів нормативно-адміністративного характеру. Так, для повторного використання перероблених будівельних матеріалів для

застосування у будівництві, наприклад, залишків бетону для виробництва нових будівельних матеріалів, необхідно проводити ряд лабораторних досліджень на радіаційну, хімічну безпеку, екологічність тощо. При цьому багато процедур є не нормованими і не стандартизованими, що потребує удосконалення нормативної бази, розробки нових законодавчо-нормативних актів, методик, положень. Також необхідним є подальший перехід до норм Євросоюзу з метою гармонізації українських нормативів у будівельній сфері з європейськими в області екологічності і сталого розвитку.

В умовах глобального переходу будівельного сектору до сталого розвитку ТОВ "Лубнижитлобуд" може зосередитись на розробці локальних, але при цьому не менш важливих заходів, наприклад використанні енергоефективного транспорту, впровадженні систем рециклінгу, часткової переробки та мінімізації відходів. Екологічна відповідальність на усіх етапах будівництва – від проектування й будівництва до експлуатації будівельних об'єктів, не лише зменшить негативний вплив на навколишнє середовище, але й підвищить довгострокову репутацію ТОВ "Лубнижитлобуд" серед клієнтів та партнерів.

Управління транспортною мережею також є важливим аспектом удосконалення логістичних процесів та постачання ресурсів на об'єкти компанії, удосконалення яких дозволить зменшити собівартість виконання робіт, зменшити безповоротні втрати і нераціональні витрати підприємства. Транспортні засоби є одним із джерел викидів вуглецю в повітря, тому перехід на Євро стандарти дозволить зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

Оптимізація маршрутів для будівельної техніки та доставки матеріалів до окремих об'єктів дозволить зменшити витрати на паливо, скоротити амортизаційні витрати на транспортні засоби та забезпечити точне дотримання графіків постачання матеріально-технічних ресурсів на об'єкт. Для реалізації цього завдання можуть бути використані інформаційні технології та такі засоби як GPS-трекери та інші системи моніторингу ходу

будівництва і постачання різних видів матеріалів на об'єкт, які забезпечують прозорість і контроль усього транспортного процесу.

Ще одним шляхом є вдосконалення кадрового забезпечення. Інвестиції в навчання працівників, зокрема менеджерів з логістики, дозволять підвищити їхню кваліфікацію та здатність працювати з новими технологіями. Як зазначається у статті [43, С. 85]: «найбільш актуальними проблемами будівельної галузі в сучасних умовах є забезпечення відповідної якості будівельно-монтажних робіт, що вимагає відповідного кадрового забезпечення будівельних організацій, обмеженість методів оцінки персоналу, поширення практики тимчасового найму робочого персоналу, зниження рівня престижності професії будівельника. Необхідно відзначити, що рівень кадрового забезпечення визначає ступінь конкурентоспроможності всього будівельного підприємства, сприяє підвищенню економічної ефективності та визначає перспективи не тільки короткострокового, а й довгострокового функціонування підприємства на ринку. Стратегія, спрямована на розвиток кадрового забезпечення підприємства, виявляє об'єктивні можливості кадрів для отримання кінцевого результату його діяльності – максимізації прибутку. Таким чином, система управління персоналом будівельного підприємства повинна бути побудована з урахуванням зазначених особливостей галузі. Система управління персоналом сучасного будівельного підприємства повинна враховувати особливості будівельної галузі, її актуальні проблеми та загальносвітові тенденції розвитку підходів до управління персоналом. Щоб рівень кадрів вітчизняних будівельних підприємств відповідав світовому рівню, необхідне удосконалення їх кадрового забезпечення з метою формування сучасного кадрового потенціалу»

У роботі [44, с. 7] автор наголошує на важливості індивідуального підходу до підготовки кадрів в будівництві з огляду на особливості будівельної діяльності: «...нестабільність зайнятості, сезонні коливання та вимоги до географічної мобільності кадрів, створюють виклики для

підприємств у контексті збереження стабільного кадрового потенціалу. Інтенсивне впровадження інноваційних технологій та автоматизації робочих процесів підвищує потребу у спеціалізованих знаннях і навичках, що вимагає системного підходу до професійного навчання і розвитку працівників. У цьому контексті особливе значення має інтеграція професійно-технічної освіти із запитами будівельної галузі, що сприятиме формуванню компетентного та адаптивного персоналу. В умовах, спричинених повномасштабним вторгненням РФ, проблема трудової міграції залишається одним із критичних факторів, що обмежує кадрові ресурси в будівництві. Створення стимулів для утримання кваліфікованих працівників, а також активізація програм перепідготовки і залучення нових кадрів є важливими кроками для подолання цієї проблеми. Загалом специфіка кадрового забезпечення в будівельній сфері потребує розвитку індивідуалізованих підходів до управління персоналом, орієнтованих на ефективну адаптацію до галузевих умов». Отже, впровадження індивідуальних мотиваційних програм для працівників, їх підготовка і перепідготовка можуть сприяти підвищенню їхньої залученості та ефективності.

ТОВ "Лубнижитлобуд" може використовувати стратегічне планування для розташування своїх складів і баз постачання. Використання проаналізованих у розділі 2 алгоритмів для вибору оптимального місця розташування дозволить мінімізувати транспортні витрати та скоротити час доставки на кожен з об'єктів компанії. Математична реалізація цього завдання потребує гнучкого підходу, оскільки кількість об'єктів, відстань до них, постачальники, на відміну від промислових підприємств, у будівництві постійно змінюються, що потребує нових підходів до удосконалення ресурсно-логістичного забезпечення будівництва. Поєднання оптимізаційного підходу з аналізом попиту на будівельні матеріали в різних регіонах дозволить компанії швидко реагувати на зміну потреб клієнтів, оскільки саме інерційність пропозиції є проблемою для забезпечення конкурентоспроможності будівельної продукції в довгостроковому періоді.

Це також викликано особливостями будівництва, насамперед довгим циклом зведення і експлуатації об'єктів, коли зміни попиту або процес морального старіння нерухомості можуть випереджати можливості будівельних підприємств реалізувати нові потреби.

Таким чином, удосконалення логістичних процесів ТОВ "Лубнижитлобуд" потребує комплексного підходу, що включає цифрову трансформацію процесів ресурсно-логістичного забезпечення, технологічні інновації, оптимізацію управління запасами, інтеграцію екологічних практик, вдосконалення транспортної мережі, підвищення кваліфікації персоналу та стратегічне планування. Реалізація цих заходів сприятиме не лише зниженню витрат і підвищенню ефективності, але й зміцненню позицій компанії на ринку будівельних послуг, забезпечуючи її стійкість у довгостроковій перспективі.

Висновки до розділу 3

Рекомендації щодо удосконалення системи ресурсно-логістичного забезпечення будівництва ТОВ «Лубнижитлобуд» включають необхідність використання методів оптимізації постачання ресурсів на об'єкти компанії різними постачальниками, зокрема реалізацію поставлених завдань за допомогою мурашиного алгоритму (методу мурашиної колонії).

Виявлено, що для підприємства необхідна розробка плану постачання бетону на чотири будівельні об'єкти Полтавської обл., які знаходяться у місті та передмісті м. Миргород, а також у м. Полтава. На ці об'єкти необхідно поставити матеріали (у даному випадку бетон) відповідно до плану постачання.

Доведено доцільність використання мурашиного алгоритму для створення ефективної системи постачання бетону на об'єкти, які буде ТОВ «Лубнижитлобуд», а саме: у м. Миргород, вул. Київська (потреба у бетоні складає 235 м³), м. Миргород, вул. Гоголя (потреба складає 340 м³), с. Любівщина (потреба складає 120 м³), с. Стадня (потреба складає 65 м³).

Сукупна потреба становить 760 м³ бетону, що розподіляється між чотирма будівельними майданчиками.

Постачання бетону на об'єкти здійснюють три постачальники. Це підприємства з виробництва бетону, що знаходяться на відстані, яка дозволяє постачати бетон на об'єкт протягом двох годин і менше, що обумовлено технологічною необхідністю забезпечення якості бетонування (якість бетону різко знижуються внаслідок тривалого транспортування й такий бетон використовувати заборонено). Постачальниками бетону на об'єкти ТОВ «Лубнижитлобуд» обрано ТОВ «Белатон», «Бетон Миргород» та ТОВ «Асфальтобетонний завод», які разом можуть забезпечити необхідну кількість бетону для ТОВ «Лубнижитлобуд».

У результаті розв'язку поставленої задачі отримано оптимізовані маршрути постачання, де постачальник ТОВ «Белатон» забезпечує потреби майданчиків у Миргороді (вул. Київська) та частково в с. Любівщина, постачальник «Бетон Миргород» здійснює постачання на вул. Гоголя та в с. Стадня, а постачальник ТОВ «Асфальтобетонний завод» доповнює доставку для с. Любівщина та забезпечує резерв для інших об'єктів у разі непередбачених обставин.

Впровадження оптимізаційних методів для удосконалення системи ресурсно-логістичного забезпечення будівництва дозволяє компанії ТОВ "Лубнижитлобуд" досягти значної економії витрат на транспортування, знизити ризики затримок і забезпечити високу якість матеріалів і відповідно бетонних робіт на об'єктах, які виконуються відповідно до технології. Ресурсно-логістична діяльність у поєднанні із сучасними методами управління постачанням, зокрема використання мурашиного алгоритму, або інших методів природнього навчання, сприяє оптимізації витрат, а отже і підвищенню конкурентоспроможності будівельних підприємств та їх забезпеченню стабільності на ринку.

Запропоновано здійснювати удосконалення логістичних процесів ТОВ "Лубнижитлобуд" як комплексу заходів, які включають перехід на BIM-

моделювання, цифрову трансформацію усіх процесів проектування і будівництва, зокрема процесу ресурсно-логістичного забезпечення, широке використання технічних та технологічних інновацій, оптимізацію системи управління запасами, упровадження екологічних практик та принципів сталого розвитку, вдосконалення транспортної мережі, маршрутів та засобі доставки матеріалів на об'єкти, підвищення кваліфікації персоналу та стратегічне планування. Реалізація цих заходів сприятиме не лише зниженню витрат і підвищенню ефективності, але й зміцненню позицій компанії на ринку будівельних робіт, забезпечуючи її ділову репутацію та фінансову стійкість у довгостроковій перспективі.

ВИСНОВКИ

Робота на тему *"Управління й економічне оцінювання ресурсно-логістичного забезпечення будівництва за допомогою природних алгоритмів"* присвячена актуальній проблемі оптимізації ресурсно-логістичних процесів у будівництві в мовах, коли постачання будівельних матеріалів потрібно виконувати на різні об'єкти від різних постачальників, що має критичне значення для забезпечення ефективного використання ресурсів та мінімізації витрат у довгостроковому періоді. У рамках дослідження отримано наступні основні результати та висновки:

1. У роботі проведено ґрунтовний аналіз сучасних підходів до оптимізації ресурсно-логістичного забезпечення будівельних проектів, у результаті чого виявлено, що сьогодні існує багато методів управління ресурсами і формування логістичних процесів у будівництві, але вони не дуже часто використовуються у реальних умовах. Особливу увагу останнім часом для вирішення різного роду задач оптимізації вчені приділяють природним алгоритмам, таким як генетичні алгоритми, мурашині колонії та алгоритми рою частинок. Досліджено здатність перелічених вище моделей описувати складні системи та вирішувати багатокритеріальні задачі, до яких належить і сфера ресурсно-логістичного забезпечення будівництва, що дозволяє ефективно адаптувати існуючі інструменти оптимізації до реальних умов будівництва.

2. Здійснено аналіз фінансового стану ТОВ "Лубнижитлобуд", який показав, що з початком війни, компанія різко зменшила обсяги виконуваних робіт, зупинивши діяльність на деяких об'єктах житлового у соціально-культурного будівництва, що спричинило різке погіршення фінансового стану компанії, зниження фінансової стійкості та платоспроможності. І хоча, у 2023 р. та першому півріччі 2024 р. компанія відновила діяльність, але досягти показників розвитку довоєнного періоду їй не вдалося. Тому потрібно використовувати різні способи зменшення собівартості

будівництва, зокрема управління витратами та оптимізацію ресурсно-логістичного забезпечення будівництва, раціональна організація якого дозволить підвищити рентабельність виконуваних робіт та зменшити витрати на кожному з об'єктів і у компанії в цілому.

3. Розроблено методичний підхід до управління та економічного оцінювання логістичних процесів у будівництві ТОВ "Лубнижитлобуд", виявлено що існуюча модель ресурсно-логістичного забезпечення підприємства потребує суттєвого удосконалення, з урахуванням необхідності одночасного постачання бетону на об'єкти компанії від різних постачальників, які знаходяться у Полтавській області (м. Миргород і навколишніх селах). Запропоновано використовувати алгоритмічну модель мурашиної колонії для оптимізації цього процесу, яка дозволяє мінімізувати витрати на транспортування, зберігання та використання різних видів матеріально-технічних ресурсів шляхом оптимізації розподілу завдань і маршрутів доставки.

4. Доведено, що оптимізація логістики та ресурсного забезпечення на об'єктах компанії ТОВ "Лубнижитлобуд" сприятиме підвищенню ефективності проектів, продуктивності праці виконавців робіт, а також зниженню ризиків, пов'язаних із нестачею ресурсів чи затримками поставок. Практична реалізація запропонованих алгоритмів дозволить у майбутньому вдосконалити систему ресурсно-логістичного забезпечення будівництва ТОВ "Лубнижитлобуд". У рамках роботи запропоновано розробити у подальшому програмну реалізацію запропонованих моделей для оптимізації постачання ресурсів на об'єкт на впровадити її в діяльність компанії. Результати показали досліджень, що застосування природних алгоритмів дозволяє скоротити час планування ресурсів на 15–20%, а також зменшити загальні логістичні витрати на 10–12% порівняно з традиційними методами управління, що є метою для ТОВ "Лубнижитлобуд" у майбутньому.

5. Дослідження показало, що оптимізація ресурсно-логістичних процесів сприяє зниженню обсягу викидів парникових газів та зменшенню

споживання енергетичних ресурсів. Це підсилює внесок будівельної галузі у досягнення цілей сталого розвитку.

б. Запропоновано рекомендації для впровадження методів, заснованих на природних алгоритмах, у практику будівництва. Зокрема, акцентовано на необхідності інтеграції оптимізаційних рішень у наявні інформаційні системи управління проектами та проведення навчання для персоналу. Запропоновано комплексний підхід до удосконалення ресурсно-логістичного забезпечення об'єктів, які зводить ТОВ "Лубнижитлобуд", що включає цифрову трансформацію процесів ресурсно-логістичного забезпечення, технологічні інновації в області інформаційного моделювання, оптимізацію управління запасами, інтеграцію екологічних практик в будівельні процеси, вдосконалення транспортної мережі, підвищення кваліфікації персоналу та стратегічне планування.

Таким чином, результати роботи мають як теоретичну, так і практичну значимість. Використання природних алгоритмів у ресурсно-логістичному забезпеченні будівництва дозволяє не лише оптимізувати витрати та покращити управління, а й сприяє екологічній та соціальній стійкості проектів. Це відкриває перспективи для подальших досліджень та вдосконалення систем управління в галузі будівництва.

Список використаних джерел:

1. Роль інформаційних технологій у сучасному будівництві. URL: <https://it-club.com.ua/the-role-of-information-technology-in-modern-construction/>
2. В Україні почали діяти норми щодо використання BIM-технології в будівництві. URL: https://propertytimes.com.ua/novosti/vukrayini_pochali_diyati_normi_schodo_vikoristannyavimtehnologiyivbudivnitstvi
3. Наукові основи, форми, методи та інструментарій забезпечення будівництва. URL: https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=13268&utm_source=chatgpt.com
4. Арутюнян І.А., Данкевич Н.О. Логістичні аспекти забезпечення будівельних об'єктів: навчально-методичний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти магістра спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньо-професійної програми «Промислове і цивільне будівництво». Запоріжжя. ЗНУ, 2019. 153 с.
5. Копилець П.М. Логістичні інформаційні системи в процесі господарської діяльності. *Ефективна економіка*. 2012. № 3. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2012_3_53
6. Логістичні інформаційні системи: принципи організації інформації. URL: <https://osvita.ua/vnz/reports/management/14579/>
7. Ємельянова О.М. Наукові основи та методи ресурсно-логістичної діяльності в будівництві. URL: https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2023/02/%D0%A1%D0%B8%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D1%83%D1%81_1_2022.pdf?utm_source=chatgpt.com
8. Ільченко Н. Б., Кулік А. В. Розвиток транспортно-логістичної системи в Україні. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Економіка і управління*. 2019. Т. 30(69), № 5(2). С. 42-50.

9. Чухрай, Н.І., Гірна О.Б. Розвиток логістики в умовах Е-економіки. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Логістика.* 2008. № 623. С. 272-278.
10. Берестенко В. Як логістика адаптувалася до війни. URL: <https://epravda.com.ua/columns/2023/07/24/702529/>
11. Науково-теоретична платформа активізації та розвитку будівництва України: монографія / за ред. І.А. Арутюнян. Запоріжжя: ЗНУ, 2019. 213 с.
12. Зельцер Р.Я. Інноваційні моделі і методи організації, управління і економічної оцінки технологічних процесів будівельного виробництва: монографія. Київ: «МП Леся», 2018. 208 с.
13. Тугай А.М., Шилов Е.Й., Гойко А.Ф. Економіка будівельної організації: курс лекцій. К.: Міленіум, 2002. 235 с.
14. Економіка будівництва: навч. посібник. О.М. Лівінський, А.Д. Єсипенко, Є.Р. Зельцер, О.Ю. Беленкова. Київ: «Видавництво Людмила», 2019. 224 с.
15. Гойко А.Ф., Ізмайлова К.В., Куліков П.М. Економіка будівництва: навч. посіб. К.: КНУБА, 2014. 168 с.
16. Гойко А.Ф., Міхельс В.О., Вахович І.В., Покровський Р.Л., Гриценко Ю.О. Принципи планування виробничої програми будівельного підприємства і методи нормування її параметрів: монографія. К.: КНУБА. 2007, 360 с.
17. Гойко А.Ф., Ізмайлова К.В., Гриценко О.С., Гриценко Ю.О., Беленкова О.Ю. Складання кошторисної документації за допомогою укрупнених показників: навч. посібн. К.: КНУБА, 2010. 144с.
18. Беленкова О.Ю. Ціноутворення у будівництві: конспект лекцій. К.: КНУБА, 2018. 172 с.
19. Дубінін Д.В. Інноваційна адаптивна модель ресурсно-логістичного і організаційно-структурного забезпечення будівництва. *Управління розвитком складних систем.* 2015. Вип. 24. С. 170-176.

20. Нікогосян Н.І., Демидова О.О., Шатрова І.А., Ємельянова О.М., Шебек М.О. Організаційно-технологічні основи логістизації збуту будівельної продукції. *Містобудування та територіальне планування*, 2017, (65), 411-417.
21. Nikolaiev V.P. Technical and economic aspects of real estate properties: collective monograph. Lviv-Toruń: Liha-Pres, 2019. 124 p.
22. Савенко В.І. та ін. Конкурентоспроможність будівельної організації – основа виживання економіки: монографія. Київ: ЦУЛ, 2017. 128 с.
23. Алгоритм мурашиної колонії. URL: <https://www.victoria.lviv.ua/library/students/sss/theme3.html>
24. Тугай О.А., Поколенко В.О., Єсипенко А.Д., Дубинка О.В. Передумови і шляхи впровадження BIM-концепції в будівельній галузі. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2020. № 45. С. 166-184
25. Сорокіна Л.В. Економетричний інструментарій управління фінансовою безпекою підприємств будівництва: монографія / Л.В. Сорокіна, А.Ф. Гойко, С.П. Стеценко, К.В. Ізмайлова та інші. К.: КНУБА, 2017. 404 с.
26. Беленкова, О, Локтіонова, Я., Калашніков Д. Маркетингова діяльність учасників будівництва – реінжиніринг бізнес-процесів під впливом цифрових інновацій. *Efektivna ekonomika*. 10.32702/2307-2105.2023.12.15.
27. Ізмайлова К.В. Фінансовий аналіз у будівництві: навч. посібн. К.: Кондор, 2007. 236 с.
28. Tugai O.A. Organizational and technological, economic quality control aspects in the construction industry: collective monograph. Lviv-Toruń: Liha-Pres, 2019. 136 p.
29. Стеценко С.П. та ін. Економіка будівельного підприємства: навч. посіб. Київ, 2022. 508 с.
30. Сорокіна Л.В. Моделі і технології управління ринковою вартістю будівельних підприємств. К.: Лазурит-поліграф., 2011. 504 с.

31. Stetsenko S. P. et al. Management of adaptation of organizational and economic mechanisms of construction to increasing impact of digital technologies on the national economy. *Journal of Reviews on Global Economics*. 2020. Т. 9. Р. 149-164.

32. Stetsenko S.P. et al. The interrelation of digital technologies and organizational and economic mechanisms in construction: adaptation to change management. *International Review*. 2021. Т. 1. Р. 21-31.

33. Стеценко С.П., Боліла Н.В. Аналітична оцінка і контроль дебіторської заборгованості будівельних підприємств за допомогою контрольних карт. *Вісник НУВГП. Серія "Економічні науки"*. 2020. Том 2. № 90, С. 225-235.

34. Ivanova T. Accounting policy of receivables at construction enterprises. *Ways to Improve Construction Efficiency*, 2020, (46), 136–143.

35. Стеценко С.П., Беленкова О.Ю., Литвиненко О.В. Вплив сезонних коливань на вартісні параметри будівельного виробництва. *Управління розвитком складних систем*, 2017, 32: 179-185.

36. Измайлова К.В. Фінансовий аналіз у будівництві: навч. посіб. К., 2015. 300 с.

37. Измайлова К.В. Сучасні технології фінансового аналізу: навч. посіб. К.: МАУП, 2003. 148 с.

38. Измайлова К.В. Екологічний супровід запасів як чинник ефективності використання оборотних засобів будівельного підприємства. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2018. № 36. Економічний. С. 3 – 7.

39. Измайлова К.В. Економічне обґрунтування умов розрахунків за будівельну продукцію. *Економіка будівництва*. 2005 р. Вип. 3. С. 36-39.

40. Izmaylova K.V., Kharchenko L.A. Підвищення енергетичної ефективності існуючого житлового фонду. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2021. Т. 2. №. 47. С. 3-10.

41. Bozhanova V. et al. Green Enterprise Logistics Management System in Circular Economy. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*. 2022. Т. 7. №. 3. С. 350.
42. Екологічне будівництво в Україні у 2020 році. URL: <https://www.altanaua.com/2020/04/03/ekologichne-budivnyctvo-v-ukrayini-u-2020-roczii/>
43. Гринів Н.Т., Подвальна Г.В. Проблеми кадрового забезпечення підприємств будівельної галузі. *Наукові записки Львівського університету бізнесу та права. Серія економічна*. 2020. Вип. 25. С. 80–86.
44. Торбич А.В. Галузева специфіка кадрового забезпечення підприємств будівельної сфери. *Академічні візії*. 2024, 37, 1-9.
45. Hryhorovskyi P. Ye. Organizational and technological model engineering in the construction industry: collective monograph/ P. Ye. Hryhorovskyi, S. P. Stetsenko, O. I. Menejljuk, A. S. Molodid, V. O. Khyzhniak, G. M. Ryzhakova. Lviv-Toruń: Liha-Pres, 2019. 128 p.
46. Беленкова О. Ю. Теоретичні підходи до забезпечення стратегічної конкурентоспроможності підприємств на базі сталого розвитку. *Управління розвитком складних систем*. 2020. № 42. С. 153 – 158.
47. Беленкова О., Філіппов О. Геопросторовий маркетинг як складова девелопменту нерухомості та вибору територій забудови. *Містобудування та територіальне планування*, 2022, (81), 23–32.
48. Беленкова О., Цифра Т., Казьмін О. Система визначення технічної прийнятності будівельної продукції – досвід Європи та Азії. *Управління розвитком складних систем*, 2023, 56, 123–130.
49. Гойко А.Ф. Економіка проектування у будівництві: навч. посібник для студ. вищ. навч. закл./Київ:КНУБА,2015 . 236 с.
50. Гойко А.Ф., Сорокіна Л.В. Планування інвестицій: навч.-метод. посібник для студ. спец. 192/ Київ: КНУБА, 2021. 154 с.
51. Гроші та кредит: навч. посіб. / С.П. Стеценко, В.В. Титок, Н.В. Лисиця [та ін.]. Київ: КНУБА, 2024. 227 с.

52. Гусарова Л., Кіщенко Т., Косовський Є. Калькулювання змінних витрат при визначенні вартості будівельних робіт. *Молодий вчений*, 2020, 2 (78), 324-329.

53. Гусарова, Л.В. Управління витратами: загальні поняття про витрати і управління ними. Калькулювання витрат: конспект лекцій. К.: КНУБА, 2006. 41. с.

54. ДСТУ-Н Б А.3.1-33:2015 Настанова щодо підготовки та складання договорів підряду на виконання проектно-вишукувальних та будівельних робіт: наказ Мінрегіону від 30.12.2015 р. № 360. 18 с.

55. Ізмайлова К.В. Економіка будівництва: метод. вказів. до вик. контр. роботи “Аналіз екон. стану буд. підприємства”. Київ: КНУБА, 2020. 15 с.

56. Ізмайлова К.В., Беленкова О.Ю. Економіка будівництва: метод. вказів. до контр. роботи “Складання інвесторської кошторис. документації”. Київ: КНУБА, 2020. 26 с.

57. Ізмайлова К.В. Економічний аналіз інвестиційного проекту: метод. вказів. до виконання розрахунково-графічної роботи для освітньо-кваліфікац. рівня бакалавр зі спецкурсу випускної кафедри “Економіки будівництва”. Київ: КНУБА, 2020. 24 с.

58. Ізмайлова К.В., Ізмайлова О.В. Система експертизи ефективності інвестиційних проектів на стадії техніко-економічного обґрунтування. *Управління розвитком складних систем*. 2010. Вип. 4. С. 45-54.

59. Ізмайлова К.В. Фінанси підприємств: консп. лекцій. Київ: КНУБА, 2020. 156 с.

60. Ізмайлова К.В. Фінансовий аналіз: навч. посіб. [2-ге вид. пер. і допов.]. К.: МАУП.2001. 252 с.

61. Ізмайлова, К. В. (2005). Аналіз джерел формування активів. *Фінанси України*, (8), 67-74.

62. Іванов О.М. Інтеграція інформаційних технологій у логістичні процеси будівництва. Системи управління постачаннями в будівельній галузі, 2021, 15(2), 47-58

63. Лівінський О.М. Менеджмент якості в будівництві та виробничі організаційні системи: монографія. Київ: ЦУЛ, 2018. 230 с.
64. Лівінський О.М., Курок О.І., Дудар І.Н., Тонкачєєв Г.М. та ін. Організація, планування та управління в будівництві: підручник. К.: УАН, “МП ЛЕСЯ” 2016. 567 с.
65. Міхельс В.О., Шилюк П.С., Гойко А.Ф., Бондар, В.П. Економіко–математичні методи та моделі у будівництві. К.: Міленіум. 2006. 430 с.
66. Міхельс В.О., Бондар В.П. Об'єднана стратегія економічного управління підприємницьким проектом: монографія. К.: КНУБА, 2003, 200 с.
67. Нікогосян Н.І., Титок В.В., Цяцько О.О. Дослідження інфраструктури та вибір місця будівництва складу: логістичний підхід. *Інвестиції: практика та досвід*. 2018. № 23. С. 61-66.
68. Тугай О.А. та ін. Організація та управління будівництвом: підручник / Київ: Видавництво Ліра-К, 2024. 400 с.
69. Гойко А.Ф. Планування, облік і аналіз інвестицій та їх ефективність: методичні вказівки до курсової роботи “Складання бізнес-плану інвестиційного проекту підприємства”. К.: КНУБА, 2019. 32 с.
70. Рогожин П.С., Гойко А.Ф. Економіка будівельних організацій. К.: Скарби, 2001. 453 с.
71. Росинський А.В. Економічний потенціал девелоперської компанії в контексті розвитку «зеленого» будівництва. *Зелене будівництво: I Міжнародна науково-практична конференція, 12-13 листопада 2019 р.:* матеріали конф. К., 2019. С. 206 -208
72. Стеценко С.П., Гойко А.Ф. та ін. Складання інвесторської кошторисної документації за укрупненими показниками: методичні вказівки та завдання до виконання контрольної роботи та розділу «Економіка будівництва». Київ: КНУБА, 2023. 32 с.
73. Сорокіна Л.В., Шапошнікова І.О., Стеценко С.П., Гойко А.Ф. Науково-методичне обґрунтування дизайну державних програм надання тимчасового житла населенню, постраждалому через агресію рф. *Шляхи*

підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 2022. Вип. 49(1). С.108-123.

74. Сорокіна Л.В., Гойко А.Ф., Шапошнікова І.О., Гаврилюк В.Я. Статистика в управлінні економікою будівництва і нерухомості: навч. посіб. Київ: КНУБА, 2021. 178 с.

75. Стеценко С.П., Сорокіна Л.В., Ізмайлова К. В. Фінансовий аналіз та економічна діагностика: навч. посіб. Київ: КНУБА, 2019. 158 с.

76. Федоренко, В. Г., Гойко, А. Ф. Інвестознавство: підручник. К.: МАУП, 2004. 506 с.

77. Fang, Yuan & Ng, S. Genetic algorithm for determining the construction logistics of precast components. *Engineering, Construction and Architectural Management*. 2019. 26. DOI: 10.1108/ECAM-09-2018-0386.

78. Son, P.V.H., Duy, N.H.C. & Dat, P.T. Optimization of Construction Material Cost through Logistics Planning Model of Dragonfly Algorithm - Particle Swarm Optimization. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 2021, 25, 2350–2359. <https://doi.org/10.1007/s12205-021-1427-5>.

79. Hsu P.-Y., Angeloudis P., Aurisicchio M. Optimal logistics planning for modular construction using two-stage stochastic programming. *Automation in Construction*. 2018, 94:47–61, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.05.029>

80. Kulejewski J., Rosłon, J. Optimization of Ecological and Economic Aspects of the Construction Schedule with the Use of Metaheuristic Algorithms and Artificial Intelligence. *Sustainability*, 2023, 15(1), 890. <https://doi.org/10.3390/su15010890>

81. Polusmiak, Yu., Pavliuk, T. & Kosach, I. Project management in the construction industry: identification of logistical problems and ways to optimise them. *Management and Entrepreneurship: Trends of Development*, 2024, 4(30), 69-78. DOI: 10.26661/2522-1566/2024-4/30-06