

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет будівництва та транспорту
Кафедра будівництва та експлуатації будівель, доріг та транспортних споруд

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри
Будівництва та експлуатації
будівель, доріг та транспортних споруд _____
О. С. Савченко

« ____ » _____ 2025р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим рівнем вищої освіти

На тему: «Оцінка впливу транспортних витрат на кошторисну вартість будівництва»

Виконав (ла)

О. О. Соларьов

(підпис)

(Прізвище, ініціали)

Група

ЗПЦБ 2401м

(Науковий)
керівник

О. В. Юрченко

(підпис)

(Прізвище, ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: Будівництва та експлуатації будівель, доріг та транспортних споруд
Спеціальність: 192 "Будівництво та цивільна інженерія"

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Соларьов Олександр Олексійович

Тема роботи: Оцінка впливу транспортних витрат на кошторисну вартість будівництва

Затверджено наказом по університету № 40/ОС від "07" 01 2025р.
Строк здачі студентом закінченої роботи: "10" 12 2025 р.

Вихідні дані до роботи:

Дані інженерно-геологічних вишукувань, типові проекти, завдання проектування _____

4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці)

Розділ 1. Загальна характеристика роботи, Розділ 2. Бібліографічний огляд досліджень, 2.1 Основні принципи будівельної логістики, 2.2 Особливості та проблеми будівельної логістики, 2.3 Сучасні тенденції розвитку будівельної логістики, Розділ 3. Оцінка впливу транспортних витрат на кошторисну вартість будівництва, 3.1 Вплив транспортних схем на вартість будівництва, 3.2 Вплив транспортної інфраструктури на вартість будівництва, Список використаних джерел

5. Перелік графічного та або мультимедійного матеріалу (з вказівкою обов'язкових креслень)

14 слайдів мультимедійного матеріалу

Керівник :

(підпис)

О. В. Юрченко

(Прізвище, ініціали)

Консультант

(підпис)

О. В. Юрченко

(Прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання:

Здобувач

(підпис)

О. О. Соларьов

(Прізвище, ініціали)

Анотація

Соларьов Олександр Олексійович «Оцінка впливу транспортних витрат на кошторисну вартість будівництва» – Кваліфікаційна робота магістра на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – Сумський національний аграрний університет, Суми, 2025.

Робота складається із змісту, загальної характеристики роботи та її кваліфікаційних ознак, огляду досліджень за обраною темою, розділів основної частини, висновків за результатами МКР (українською та англійською мовами).

Сформульовано мету, задачі, об'єкт та предмет дослідження, методи наукового дослідження.

Це дослідження сконцентровано на оптимізації схем транспортування будівельних матеріалів та їхньому безпосередньому впливі на кошторисну вартість будівельних проектів. Актуальність теми полягає у значній частці транспортних витрат, які можуть досягати 20–25 % від загального бюджету будівництва. Тому ефективна організація логістичних процесів є вирішальним фактором у забезпеченні економічної ефективності, своєчасної доставки матеріалів та раціонального використання ресурсів у сучасному будівництві. Дослідження присвячене необхідності вибору та застосування схем транспортування, які мінімізують споживання палива, скорочують час простою та підвищують продуктивність транспортних засобів без шкоди для безперервності будівельних процесів.

Метою цього дослідження є аналіз та обґрунтування найефективніших схем транспортування для будівельної логістики з урахуванням регіональних особливостей, вантажопідйомності транспортних засобів та відстані до будівельних майданчиків. Основні завдання включають визначення переваг та обмежень маятникових, кругових та односторонніх транспортних схем; оцінку їх впливу на загальний час та вартість доставки; а також встановлення методології оптимізації маршрутів у багатоетапних ланцюгах постачання матеріалів.

Методологія дослідження базується на аналітичному та порівняльному підходах, що передбачають обробку статистичних даних операцій будівельної логістики. Для оцінки економічної ефективності різних моделей доставки було застосовано кількісний аналіз транспортних циклів, паливної ефективності та оборотності матеріалів. У дослідженні використовується моделювання сценаріїв руху матеріалів, типових для великих проектів житлового та інфраструктурного будівництва у Східній та Центральній Україні, з особливою увагою до стану доріг, параметрів відстані та структури регіональних логістичних мереж.

Ключові слова: транспортна схема, логістика, кошторисна вартість.

Список публікацій та/або виступів на конференціях студента:

1. Соларьов О.О. Оцінка впливу транспортних витрат на кошторисну вартість будівництва// Матеріали 87-ї Міжнародної наукової конференції студентів університету, 7–11 квіт. 2025 р. Харків, 2025.

2. Соларьов О.О. Вплив транспортних схем постачання будівельних матеріалів на загальну кошторисну вартість будівництва / О.В. Юрченко , О.Ю. Савойський // Проблеми і перспективи розвитку підприємництва: Збірник наукових праць Харківського національного автомобільно- дорожнього університету. – № 1(34) – 2025. – Харків: ХНАДУ, 2025. С.93-101

3. Соларьов О.О.Залежність кошторисної вартості будівництва від транспортних витрат / О. В. Юрченко // Матеріали XIX Міжнародної науково-практичної конференції, 26 листопада 2025 р. Харків, 2025. С.49

В додатках наведено тези конференції, альбом слайдів мультимедійної презентації.

Структура роботи.

Робота складається з основного тексту на 43 сторінках, у тому числі 7 таблиць, 2 рисунків. Текст роботи містить загальну характеристику роботи, 3 розділи, висновки і рекомендації за результатами роботи, список з 19 використаних джерел. Графічна частина складається з 14 слайдів мультимедійної презентації.

Abstracts

Oleksandr Solarov “Assessment of the Impact of Transportation Costs on the Estimated Cost of Construction” – Master's thesis in manuscript form.

Master's thesis in the specialty 192 “Construction and Civil Engineering.” – Sumy National Agrarian University, Sumy, 2025.

The thesis consists of a table of contents, a general description of the thesis and its qualification characteristics, a review of research on the chosen topic, sections of the main part, and conclusions based on the results of the MCR (in Ukrainian and English).

The purpose, objectives, object and subject of the research, and methods of scientific research are formulated.

This study focuses on the optimization of construction material transportation schemes and their direct impact on the estimated cost of construction projects. The relevance of the topic lies in the significant share of transportation costs, which can reach 20–25% of the total construction budget. Therefore, the effective organization of logistics processes is a decisive factor in ensuring economic efficiency, timely delivery of materials, and rational use of resources in modern construction. The study is devoted to the need to select and apply transportation schemes that minimize fuel consumption, reduce downtime, and increase the productivity of vehicles without compromising the continuity of construction processes.

The purpose of this study is to analyze and justify the most effective transportation schemes for construction logistics, taking into account regional characteristics, vehicle carrying capacity, and distance to construction sites. The main tasks include identifying the advantages and limitations of shuttle, circular, and one-way transportation schemes; assessing their impact on total delivery time and cost; and establishing a methodology for optimizing routes in multi-stage material supply chains.

The research methodology is based on analytical and comparative approaches involving the processing of statistical data on construction logistics operations. Quantitative analysis of transport cycles, fuel efficiency, and material turnover was

used to assess the economic efficiency of different delivery models. The study uses modeling of material movement scenarios typical for large residential and infrastructure construction projects in Eastern and Central Ukraine, with particular attention to road conditions, distance parameters, and the structure of regional logistics networks.

Keywords: transport scheme, logistics, estimated cost.

List of student publications and/or conference presentations:

1. O. Solarov Assessment of the impact of transport costs on the estimated cost of construction// Materials of the 87th International Scientific Conference of University Students, April 7–11, 2025. Kharkiv, 2025.

2. O. Solarov The impact of transport schemes for the supply of building materials on the total estimated cost of construction / O.V. Yurchenko, O.Yu. Savoy // Problems and prospects for the development of entrepreneurship: Collection of scientific works of the Kharkiv National Automobile and Highway University. – No. 1(34) – 2025. – Kharkiv: KNUCA, 2025. P. 93-101

3. O. Solarov Dependence of the estimated cost of construction on transportation costs / O.V. Yurchenko // Materials of the XIX International Scientific and Practical Conference, November 26, 2025. Kharkiv, 2025. P. 49

The appendices contain the conference abstracts and a slide album of the multimedia presentation.

Structure of the work.

The work consists of the main text on 43 pages, including 7 tables and 2 figures. The text of the work contains a general description of the work, 3 sections, conclusions and recommendations based on the results of the work, and a list of 19 sources used. The graphic part consists of 14 slides of a multimedia presentation.

ЗМІСТ

Розділ 1. Загальна характеристика роботи.....	9
Розділ 2. Бібліографічний огляд досліджень.....	11
2.1 Основні принципи будівельної логістики.....	11
2.2 Особливості та проблеми будівельної логістики.....	15
2.3 Сучасні тенденції розвитку будівельної логістики.....	19
Розділ 3. Оцінка впливу транспортних витрат на кошторисну вартість будівництва.....	23
3.1 Вплив транспортних схем на вартість будівництва.....	23
3.2 Вплив транспортної інфраструктури на вартість будівництва.....	30
Список використаних джерел.....	41

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми: Питання оптимізації логістики будівництва стає все більш важливим через зростання частки транспортних витрат у загальному бюджеті сучасних будівельних проектів. У контексті зростання цін на паливо, обмеженої доступності транспортних засобів та більш жорстких термінів реалізації проектів неефективна організація транспортування матеріалів призводить до прямих фінансових втрат та затримок у графіках будівництва. Актуальність теми полягає в необхідності визначення схем транспортування та логістичних рішень, які забезпечують безперебійне постачання матеріалів на будівельні майданчики при мінімізації витрат і максимізації ефективності використання транспортних засобів.

Мета і завдання дослідження: Метою дослідження є аналіз і оцінка різних схем транспортування будівельних матеріалів та визначення їх впливу на загальну кошторисну вартість будівництва. Основні завдання включають вивчення принципів кожної схеми транспортування, визначення факторів, що впливають на їх економічну ефективність, розрахунок потенційного зниження транспортних витрат за рахунок оптимізації та розробку рекомендацій щодо їх раціонального застосування у великих будівельних проектах.

Об'єкт дослідження: Визначення кошторисної вартості будівництва.

Предмет дослідження: Оцінка впливу транспортних витрат на кошторисну вартість будівництва.

Методи дослідження: Дослідження базується на поєднанні аналітичних, статистичних та порівняльних методів. Аналітичні методи використовувалися для вивчення структурних та експлуатаційних характеристик схем транспортування. Статистичний аналіз даних дозволив кількісно оцінити вплив логістичних параметрів на зниження витрат, а порівняльна оцінка будівельних проектів дала змогу визначити найефективнішу модель доставки матеріалів. У дослідженні також було застосовано комп'ютерне моделювання для оцінки

економії витрат у відсотковому вираженні залежно від організації маршрутів та оптимізації завантаження транспортних засобів.

Наукова та технічна новизна одержаних результатів: Наукова новизна дослідження полягає в системному підході до оцінки транспортних схем як невід'ємної частини структури будівельних витрат, а не як допоміжного процесу. Дослідження представляє детальну кількісну оцінку, яка показує, що оптимізація транспортних маршрутів і правильний вибір схем можуть зменшити кошторисну вартість будівництва на 15–20 %. З технічної точки зору, робота сприяє практичній реалізації стратегій логістики, спрямованих на економію витрат, пропонуючи інтегрувати планування транспорту на ранніх етапах проектування, тим самим підвищуючи загальну ефективність проекту.

Практичне значення одержаних результатів: Практичне значення отриманих результатів полягає в можливості безпосереднього застосування запропонованих підходів до оптимізації транспортних схем у реальній будівельній логістиці. Удосконалений метод оцінки, що враховує використання транспортних засобів, параметри відстані та цикли завантаження, дозволяє планувальникам точніше визначати показники вартості за тонну-кілометр і прогнозувати витрати на постачання матеріалів у будівельних кошторисах.

Апробація та публікація результатів роботи: 1. Соларьов О.О. Оцінка впливу транспортних витрат на кошторисну вартість будівництва // Матеріали 87-ї Міжнародної наукової конференції студентів університету, 7–11 квіт. 2025 р. Харків, 2025.

2. Соларьов О.О. Вплив транспортних схем постачання будівельних матеріалів на загальну кошторисну вартість будівництва / О.В. Юрченко , О.Ю. Савойський // Проблеми і перспективи розвитку підприємництва: Збірник наукових праць Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. – № 1(34) – 2025. – Харків: ХНАДУ, 2025. С.93-101

3. Соларьов О.О. Залежність кошторисної вартості будівництва від транспортних витрат / О. В. Юрченко // Матеріали XIX Міжнародної науково-практичної конференції, 26 листопада 2025 р. Харків, 2025. С.49

РОЗДІЛ 2

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Основні принципи будівельної логістики

Будівельна логістика являє собою складну систему взаємопов'язаних процесів, спрямованих на забезпечення ефективного, своєчасного та економічно обгрунтованого переміщення матеріалів, обладнання та робочої сили до будівельного майданчика та з нього. Її основна функція полягає в оптимізації потоку фізичних та інформаційних ресурсів, щоб будівельні роботи проходили без перерв і без накопичення надмірних запасів. У своєму найбільш формальному визначенні будівельна логістика є підсистемою управління проектами, відповідальною за мінімізацію загальних витрат на переміщення ресурсів при збереженні необхідного темпу та якості робіт. Ця система безпосередньо впливає на фінансові результати проекту, оскільки кожен кілометр, пройдений транспортом, кожна одиниця матеріалу, що зберігається на будівельному майданчику, та кожна затримка в доставці призводять до вимірюваних відхилень у витратах, які накопичуються в загальному бюджеті будівництва[11].

Основним принципом, що лежить в основі будівельної логістики, є оптимізація витрат за рахунок балансу між транспортними витратами, витратами на зберігання та часовою вартістю доступності матеріалів. Кожен будівельний проект створює унікальну логістичну мережу, яка з'єднує постачальників, посередників та будівельний майданчик за допомогою низки транспортних операцій та тимчасових складських приміщень. Ефективність цієї мережі визначає ступінь, в якому доставка матеріалів підтримує або обмежує графік проекту.

Транспортні витрати в цьому контексті включають прямі витрати на експлуатацію транспортних засобів, споживання палива, технічне обслуговування, амортизацію, заробітну плату водіїв, оплату дорожніх зборів та непрямі витрати, пов'язані з завантаженням, розвантаженням та обробкою. У поєднанні з накладними витратами на зберігання та обробку вони становлять від 10 до 20 відсотків загальних витрат проекту, залежно від складу матеріалів,

відстані транспортування та логістичної складності об'єкта. У випадку матеріалів з великим обсягом і низькою вартістю, таких як пісок або бетон, логістика може навіть перевищувати 25 відсотків загальної вартості доставки через низьку щільність навантаження та високу повторюваність транспортних циклів.

На оперативному рівні логістика будівництва регулюється чотирма взаємозалежними принципами: синхронізація графіків, консолідація потоків, ефективність модальності та мінімізація запасів. Синхронізація графіків забезпечує точне збігання поставок матеріалів з відповідними будівельними роботами, тим самим зменшуючи необхідність тривалого зберігання на місці. Консолідація потоків має на меті знизити транспортні витрати на одиницю продукції за рахунок оптимального використання транспортних засобів та зменшення кількості рейсів з неповним завантаженням. Ефективність модального транспортування стосується вибору найбільш підходящого виду транспорту — автомобільного, залізничного, водного або комбінованого інтермодального — на основі фізичних характеристик матеріалу та відстані транспортування. Нарешті, мінімізація запасів контролює кількість матеріалів, що зберігаються на проміжних пунктах та на будівельному майданчику, забезпечуючи, що капітал не буде заморожений у надмірних запасах[12].

Таблиця 2.1 Залежність відстані доставки від виду транспорту

Матеріал	Місце відправлення	Вид транспорту	Середня відстань доставки, км	
			Варіанти	
			I	II
Бетон	ЦБЗ	Автомобільний	25	25
Вода	Річка	Водопровід	0,0	0
Пісок	Кар'єр	Автомобільний	5	0
Щебінь	Залізнична станція	Залізниця	0	17
Цемент	-	-	0	17

Кількісне застосування цих принципів досягається за допомогою логістичного моделювання, яке інтегрує змінні частоти доставки, місткості транспортних засобів, довжини маршруту та швидкості споживання матеріалів в

єдину функцію витрат, яка прогнозує загальні транспортні витрати на одиницю продукції.

В українській будівельній галузі логістика історично покладалася на автомобільний транспорт як основний вид транспорту завдяки гнучкості та охопленню національної дорожньої мережі. Однак ця залежність також піддала галузь значним коливанням витрат, що є наслідком нестабільності цін на паливе та періодичного дефіциту потужностей важкого транспорту. Станом на 2025 рік середня ринкова ставка за комерційні автомобільні перевезення в Україні коливається від 30 до 40 гривень за кілометр пробігу для стандартних вантажів будівельних матеріалів. Враховуючи типову вантажопідйомність від 15 до 20 тонн на транспортний засіб, це відповідає ефективній вартості 2-3 гривні за тонно-кілометр для перевезень на середні відстані, з значно вищими значеннями для коротких міських перевезень через простой та затримки з завантаженням. Водночас середня роздрібна ціна дизельного палива коливається від 55 до 58 гривень за літр, що становить одну третину змінної структури витрат на експлуатацію важких транспортних засобів. Підвищення ціни на дизельне паливо на одну гривню призводить до додаткових витрат в 0,2 гривні за кілометр пробігу транспортного засобу при споживанні 30 літрів на 100 кілометрів, що свідчить про високу еластичність логістичних витрат до коливань на енергетичному ринку.

Окрім палива та відстані, економічна структура логістичних витрат у будівництві включає кілька фіксованих та змінних компонентів, пов'язаних з інфраструктурними умовами та регуляторними обмеженнями. Фіксовані витрати включають володіння транспортним засобом, страхування та заробітну плату водія, тоді як змінні витрати залежать від пробігу, циклів завантаження та часу обробки. Стан дорожньої інфраструктури має значний вплив: кожен процентний пункт погіршення середньої якості дорожнього покриття може збільшити витрати на технічне обслуговування транспортних засобів на 0,5% та подовжити час доставки на 2–4%. Аналогічно, обмеження доступу в густонаселених міських зонах, обмеження ваги на мостах та правила щодо часових вікон для великих

вантажівок можуть додати від 10 до 30 відсотків до фактичної вартості доставки. Ці фактори створюють додаткову логістичну націнку на будівельні матеріали, що безпосередньо поширюється на вищі ціни за одиницю бетону, сталі та збірних компонентів. Для середньоповерхового житлового проекту площею 10 000 квадратних метрів логістичні витрати можуть перевищувати 8–12% від загального бюджету будівництва, причому на транспорт припадає 70% цієї складової[11].

Критичним аспектом сучасної будівельної логістики є її інтеграція в цифрові системи планування та управління проектами. Все більш широке використання інформаційного моделювання будівель та технологій відстеження в режимі реального часу дозволяє перетворити логістику з реактивного процесу на прогностичний. Завдяки зв'язку цифрових графіків будівництва з плануванням доставки стає можливим прогнозувати попит на матеріали з точністю до окремих робочих зон та часових інтервалів. Доведено, що така цифрова синхронізація дозволяє скоротити кількість порожніх рейсів транспорту на 25% і зменшити варіативність термінів доставки на 20-30%, що ефективно знижує витрати на паливо та робочу силу. Крім того, прогнозне планування зменшує потребу в буферних запасах, дозволяючи будівельним майданчикам працювати з поточними запасами матеріалів, що відповідають лише трьом-п'яти дням споживання, на відміну від попередньої норми в два-три тижні.

У макроекономічному плані ефективність логістики в будівельному секторі сприяє національній конкурентоспроможності та впливає на темпи реконструкції та розвитку інфраструктури. В економіках, де логістичні системи оптимізовані, частка транспортування та обробки матеріалів у загальній вартості будівельних проектів на 8–10 відсотків нижча, ніж у країнах з фрагментованими ланцюгами постачання та обмеженою інтермодальною зв'язністю. Для України вдосконалення логістичної інфраструктури, включаючи регіональні розподільчі центри, модернізовані автомагістралі та розширені залізничні потужності, може принести відчутну економію коштів, еквівалентну 2–3 відсоткам загальних річних витрат на будівництво. З огляду на те, що річний обсяг будівництва в

країні перевищує еквівалент десятків мільярдів гривень, така економія перетворюється на мільярди в сукупному скороченні витрат у всій галузі.

2.2 Особливості та проблеми будівельної логістики

Доставка матеріалів та обладнання на будівельний майданчик є одним із найскладніших та найбільш ресурсоємних компонентів усього логістичного ланцюга. Вона поєднує транспортні операції, процедури обробки, координацію на майданчику та технічні вимоги щодо безпеки та надійності. На відміну від промислових ланцюгів постачання з фіксованими маршрутами та стабільними графіками виробництва, будівельна логістика характеризується тимчасовими маршрутами, нерегулярним попитом, обмеженою місткістю складів та залежністю від динамічно мінливих умов на майданчику. Кожна доставка повинна виконуватися в обмежених часових рамках, визначених послідовністю будівельних робіт, і навіть незначні відхилення в часі можуть порушити технологічну безперервність і спричинити простой. На практиці ця специфіка вимагає створення гнучких, але точно синхронізованих логістичних систем, здатних підтримувати стабільне постачання матеріалів[1].

Основна складність будівельних поставок виникає через просторові та фізичні характеристики будівельних майданчиків. Більшість міських майданчиків обмежені під'їзними дорогами, вузькими радіусами повороту та зонами розвантаження, що значно збільшує час доставки та знижує продуктивність транспортних засобів. Для важких вантажівок загальною вагою 20–25 тонн маневрування та розвантаження в обмежених зонах може подовжити робочий цикл на 20–40 відсотків порівняно з майданчиками з відкритим доступом. У поєднанні з муніципальними обмеженнями на рух важких транспортних засобів, які часто обмежують години в'їзду раннім ранком або пізно ввечері, фактичний коефіцієнт використання кожної вантажівки може впасти нижче 60 відсотків від теоретичної потужності. Це зниження безпосередньо збільшує вартість транспортування матеріалів за тонну та збільшує сукупний вуглецевий та паливний слід за кожну доставку. Для середніх житлових проектів із щоденним надходженням 150–200 тонн будівельних матеріалів така

неефективність може збільшити щомісячні логістичні витрати на 15 відсотків порівняно з оптимальними умовами на відкритих майданчиках.

Друга серйозна проблема стосується координації поставок з різних джерел. Будівельні проекти залежать від різноманітних постачальників, які часто розташовані в різних регіонах і працюють за незалежними транспортними угодами. Матеріали значно відрізняються за фізичними характеристиками: матеріали високої щільності, такі як щебінь, пісок і бетон, вимагають важких вантажівок або залізничних вагонів для перевезення сипучих вантажів, тоді як легкі збірні елементи та оздоблювальні матеріали потребують захисної упаковки та спеціалізованого поводження. Ця різноманітність створює необхідність мультимодальної координації та точного планування послідовності поставок. Відсутність централізованого планування або комунікації в режимі реального часу між постачальниками призводить до незапланованих затримок та конфліктів планування використання кранів та розвантажувальних площ[6]. Кількісні спостереження на будівельних майданчиках показують, що нескоординовані поставки можуть призвести до середнього часу очікування 45–60 хвилин на кожну машину та до 3–4 годин щоденної втрати робочого часу для персоналу будівельного майданчика. Якщо перевести ці затримки в економічні терміни, простої можуть збільшити накладні витрати на робочу силу на 2–4 відсотки, а споживання палива на тонну доставленого вантажу — на 5–8 відсотків.

Таблиця 2.2 Розрахунок варіантного порівняння логістичних схем

для будівельників	для постачальників			
	п-1	п-2	п-3	п-4
б-1	149,4	198,9	153,4	-
б-2	47,7	62,6	45,5	58,9
б-3	127,4	84,2	106,2	94,05

Технічні аспекти доставки матеріалів визначаються як характером вантажу, так і наявною інфраструктурою. Наприклад, доставка бетону вимагає безперервної роботи змішувальних барабанів, а матеріал повинен надійти на будівельний майданчик протягом 90 хвилин після змішування, щоб зберегти

його технологічні властивості. Для цього бетонні заводи розташовуються в радіусі 25–30 кілометрів від будівельного майданчика.

Для збірних залізобетонних елементів радіус транспортування може збільшуватися до 100–150 кілометрів, але тільки при використанні спеціальних низькорамних причепів. Сипучі матеріали, такі як щебінь і пісок, перевозяться самоскидами з вантажопідйомністю 15–25 тонн, досягаючи середньої ефективності транспортування 0,4–0,6 тонн-кілометрів на літр дизельного палива, залежно від ухилу дороги та заторів.

Для сталеві арматури, листового металу та інших довгих матеріалів використовуються напівпричепи з подовженими платформами довжиною 12–13,6 метрів, що забезпечують надійне кріплення та відповідність транспортним нормам щодо виступу вантажу та навантаження на вісь[15].

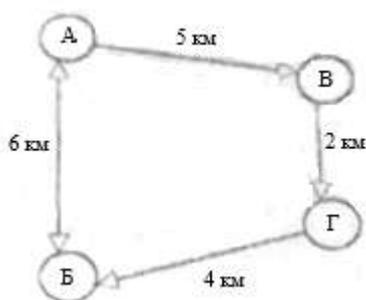


Рис. 2.1 Логістична схема постачання залізобетонних конструкцій

Якість інфраструктури відіграє вирішальну роль у визначенні ефективності логістики. В Україні близько 40 відсотків регіональних доріг залишаються в незадовільному технічному стані, середня нерівність поверхні перевищує 8–10 міліметрів, а обмеження ваги становить 10–11 тонн на вісь. Такі параметри накладають експлуатаційні обмеження, що обмежують використання повністю завантажених вантажівок, змушуючи операторів зменшувати вантажопідйомність на 10–15 відсотків, щоб дотримуватися стандартів безпеки. Як результат, одиничні транспортні витрати пропорційно зростають через необхідність додаткових рейсів. Крім того, незадовільна якість доріг прискорює знос транспортних засобів і збільшує витрати на технічне обслуговування на 5–7 відсотків щорічно.

Залізничний транспорт, хоча і є технічно ефективним для перевезення великогабаритних вантажів на великі відстані, стикається з обмеженнями, пов'язаними з інфраструктурою терміналів і сполучень. Частка будівельних матеріалів, що перевозяться залізницею в Україні, наразі залишається нижче 10 відсотків, головним чином через відсутність відповідних завантажувальних споруд поблизу активних будівельних зон.

Тимчасова організація поставок додає додаткової складності. Графік будівництва визначає послідовність критичних завдань кожне з яких вимагає окремих потоків матеріалів. Обсяг і частота поставок різко змінюються на різних етапах. Під час пікових етапів будівництва надходження матеріалів може досягати 200–250 тонн на день, тоді як для оздоблювальних робіт може знадобитися лише 20–30 тонн. Ці коливання вимагають адаптивного логістичного планування зі змінним розміром автопарку та динамічною маршрутизацією[9].

Щоб пом'якшити цю проблему, застосовуються передові методи планування на основі прогнозних алгоритмів, які генерують слоти для доставки відповідно до наявності ресурсів на будівельному майданчику. В оптимізованих системах синхронізація поставок із графіком будівництва може скоротити час розвантаження на кожну машину на 25–30 відсотків, а загальний час простою машин до 40 відсотків.

Таблиця 2.3 Приклад визначення середньорозрахункової відстані перевезення

Найменування об'єктів	Річний обсяг робіт млн.грн	Віддаль до об'єкта, км		
		Від. матеріального складу	Залізничної станції	Заводу цегли
1.Житлової мікрорайон	12,500 21,600	9,00...12,30	10,0...6.5	8,3...6,3
2.Дитяча лікарня	30,200	14,20	12,3	10,2
3.Хлібзавод	15,400	17,50	8,7	8,7
4.Автобаза	9,700	21,60	12,6	7,2
5.Рибокомбінат	14,600	17,35	15,8	9,3
Всього:	104,000	-	-	-

Інша оперативна складність полягає в необхідності дотримання безпеки та відповідності вимогам під час операцій з доставки. Будівельні майданчики є середовищами з високим рівнем ризику. Тому кожна доставка вимагає дотримання встановлених протоколів безпеки, включаючи визначені маршрути транспортних засобів, обмеження швидкості та зони обмеженого доступу. Вартість дотримання вимог безпеки не є незначною: для проектів середнього розміру вона становить 1,5–2,0 відсотки від загальних витрат на логістику, покриваючи витрати на кваліфікований персонал, знаки, захисне обладнання та періодичні перевірки. Хоча цей компонент не впливає безпосередньо на фізичний процес транспортування, він є необхідним для забезпечення безперебійної роботи та уникнення аварій, які можуть призвести до затримок у реалізації проекту або юридичної відповідальності[12].

З економічної точки зору, сукупний ефект цих викликів проявляється у вимірюваному збільшенні витрат та втраті ефективності у всьому логістичному ланцюгу. Наприклад, за стандартних умов експлуатації прямі транспортні витрати на одну тонну будівельних матеріалів, доставлених в радіусі 50 кілометрів, становлять в середньому від 150 до 180 гривень, включаючи завантаження та розвантаження. Коли доступ до доріг обмежений або частота доставки збільшується через невеликі розміри партій, ці витрати можуть зрости до 200–220 гривень за тонну. У багатоповерхових проектах загальною площею понад 15 000 квадратних метрів така різниця у вартості може призвести до додаткових витрат, що перевищують один мільйон гривень за весь цикл будівництва. Це ілюструє високу чутливість кошторисної вартості будівництва до ефективності логістичної підсистеми та підкреслює необхідність її ранньої інтеграції в планування будівництва та оцінку витрат[10].

2.3 Сучасні тенденції розвитку будівельної логістики

Логістична складова будівництва залишається критичним чинником, що визначає загальну ефективність проекту, безпосередньо впливаючи як на часові, так і на економічні параметри будівельного виробництва. У нинішніх умовах в Україні транспортні витрати становлять 20-22 відсотків від загальних витрат на

будівництво. Станом на 2024 рік середня вартість дизельного палива становила 51 гривню за літр, а питома витрата палива завантаженими будівельними транспортними засобами в середньому становила 33–35 літрів на 100 кілометрів. За цих параметрів вартість транспортних операцій досягає 1,6–1,8 гривні за тонну-кілометр, що перевищує еквівалентну вартість в Європейському Союзі на 30 відсотків. Ця різниця зумовлена гіршим технічним станом автопарку, неоптимальним маршрутизацією та зниженим середнім коефіцієнтом завантаження через обмеження інфраструктури[5].

Український будівельний сектор залишається майже повністю залежним від автомобільного транспорту. Домінування цього виду транспорту призводить до більшої операційної нестабільності через коливання цін на пальне та дорожніх умов. На відміну від цього в країнах Європи, таких як Польща чи Німеччина, частка автомобільних перевезень рідко перевищує 70 відсотків, оскільки інтегровані мультимодальні системи, що поєднують залізничний та короткодистанційний автомобільний транспорт, забезпечують більшу стабільність витрат та екологічну ефективність.

Фізичний стан національної транспортної мережі є вирішальним фактором цієї диспропорції. Загальний економічний ефект поганого стану доріг лише на будівельний сектор оцінюється в 3 млрд грн на рік, що відображає додаткове споживання палива, збільшення витрат на технічне обслуговування та зниження продуктивності. Поліпшення дорожньої інфраструктури до європейських стандартів — з навантаженням на вісь 13 тонн і зменшеною нерівністю поверхні — дозволило б збільшити ефективність корисного навантаження на 10–12 % і відповідно заощадити витрати на логістичні операції.

Іншим важливим фактором, що впливає на ефективність транспорту, є технічний стан автопарку. Середній вік важких будівельних транспортних засобів в Україні перевищує 14 років, а понад 60 відсотків одиниць було вироблено до 2010 року. Такі транспортні засоби споживають на 20 відсотків більше палива, ніж сучасні вантажівки, що відповідають стандарту Євро VI, і демонструють нижчу надійність, що призводить до збільшення часу простою та витрат на

технічне обслуговування. Кількісне моделювання показує, що оновлення лише 30 відсотків автопарку сучасними транспортними засобами дозволило б зменшити загальні логістичні витрати в будівництві на 5–6 відсотків, а споживання палива – на 10–12 відсотків. Крім того, впровадження телематичних систем для оптимізації маршрутів і відстеження в режимі реального часу могло б ще більше скоротити час доставки – до 20 відсотків – і підвищити коефіцієнт використання транспортних засобів з нинішніх 62 відсотків до майже 80 відсотків[3].

Сучасні тенденції розвитку логістики в будівництві визначаються цифровізацією, автоматизацією та прагненням до сталого розвитку. Інтеграція інформаційного моделювання будівель з логістичним плануванням є однією з найважливіших трансформацій у цій галузі. Цифрові моделі тепер дозволяють моделювати матеріальні потоки в часовій структурі проєкту, що дає змогу точно узгодити поставки з потужностями на місці та послідовністю робіт. Доведено, що така технологічна інтеграція дозволяє скоротити транспортний пробіг на 8–10 відсотків, а тривалість операцій з розвантаження та обробки вантажів на 15 відсотків. Аналогічні переваги спостерігаються при впровадженні систем, які надають безперервні дані про місцезнаходження транспортних засобів, стан вантажу та умови доступу до воріт, що дозволяє здійснювати активну координацію та підвищити надійність поставок.

Автоматизація обробки матеріалів ще більше підвищує ефективність логістики. Механізовані системи розвантаження, автоматизовані складські приміщення та програмовані крани зменшують ручну працю та простой між поставками. В оптимізованих будівельних роботах ці заходи дозволили досягти 20-відсоткового скорочення витрат на працю та 25-відсоткового скорочення циклів переміщення матеріалів від доставки до монтажу. Хоча впровадження таких технологій в Україні залишається обмеженим, пілотні проєкти з будівництва великих збірних будинків та логістичних центрів демонструють їх очевидний економічний потенціал.

Зростаюче значення сталого розвитку вносить додаткові стратегічні пріоритети в управління логістикою. Нинішня енергоємність транспортування однієї тонни будівельних матеріалів на відстань 100 кілометрів в Україні становить 35 мегаджоулів, порівняно з 26 мегаджоулями в Німеччині. Ця різниця відображає як технологічне відставання, так і обмежене використання транспортних засобів з низьким рівнем викидів. Поступове впровадження електричних та гібридних вантажівок для міських перевезень на короткі відстані, а також використання альтернативних видів палива може зменшити питоме споживання енергії на 15–20 відсотків. Досягнення такого рівня ефективності відповідатиме економії палива на національному рівні в один мільярд літрів на рік, що еквівалентно 50 мільярдам гривень прямої економічної вигоди.

Цифрова трансформація логістики є остаточним і найповнішим напрямком розвитку. Інтегровані програмні платформи, що з'єднують постачальників, транспортних операторів та менеджерів об'єктів, замінюють фрагментовані системи ручної координації. Алгоритми штучного інтелекту обробляють дані про трафік, погоду та доступність обладнання в режимі реального часу, автоматично оптимізуючи послідовність доставок. Застосування таких систем підвищує рівень пунктуальності до 95 відсотків і збільшує середній коефіцієнт використання транспортних засобів до понад 80 відсотків[17]. Для України впровадження повністю інтегрованої цифрової логістики може зменшити загальні транспортні витрати на будівництво на 6–7 відсотків, що еквівалентно щорічній економії понад 10 мільярдів гривень.

РОЗДІЛ 3

ОЦІНКА ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНИХ ВИТРАТ НА КОШТОРИСНУ ВАРТІСТЬ БУДІВНИЦТВА

3.1 Вплив транспортних схем на вартість будівництва

Транспортні витрати, включені до загальної кошторисної вартості будівельних матеріалів, можуть становити значну частину бюджету будівельного проекту. Такий обсяг підкреслює необхідність проведення ретельного техніко-економічного аналізу альтернативних схем транспортування під час встановлення та розрахунку статей транспортних витрат. Цей аналіз має особливе значення при транспортуванні матеріалів місцевого походження де походження поставок визначає як договірні рамки з будівельниками, так і логістичні умови доставки. У цих договірних відносинах необхідно ретельно вивчити типи використовуваних транспортних засобів, пройдений шлях, режими завантаження та розвантаження, а також додаткові витрати (наприклад, плата за доступ до будівельного майданчика або надбавки за обробку вантажу). При оцінці схеми доставки матеріалів на будівельний майданчик основна увага приділяється кількісній оцінці різниці у транспортних витратах між обраними маршрутами та видами транспорту з метою визначення найбільш економічно ефективного способу доставки від постачальника до будівельного майданчика[2].

Вибір оптимальної схеми доставки будівельних матеріалів виходить за межі простого вибору постачальника і повинен включати розрахунок середньої відстані від транспортного засобу до будівельного майданчика за передбачуваних умов доставки. Цей процес прийняття рішень ґрунтується на всебічній оцінці кількох взаємопов'язаних факторів, включаючи конкретні вимоги будівельного проекту, характер і обсяг вантажу, що підлягає переміщенню, та відстані, що входять до ланцюга постачання.

Для прийняття обґрунтованого рішення щодо графіку транспортування необхідно враховувати як логістику доставки матеріалів, так і фінансові наслідки транспортних витрат. Це передбачає розрахунок середньої відстані

транспортування для кожного об'єкта, що дозволяє отримати оцінку собівартості доставки, яка є основою для оптимізації витрат ланцюга поставок.

Для кожного будівельного проекту процес починається з детального аналізу вимог до завантаження та відстані транспортування від пункту постачання до будівельного майданчика. Схема транспортування повинна відповідати цим параметрам, щоб забезпечити ефективне та економічне постачання матеріалів. Мета полягає у визначенні найбільш раціональної конфігурації транспортування, яка мінімізує транспортні витрати та водночас задовольняє матеріально-технічні потреби будівництва. У цьому контексті розрахунки середніх відстаней є основою для оцінки транспортних витрат та оптимізації ефективності ланцюга поставок[19].

У проектах будівництва інфраструктури в місті Суми початкові дані включають пункти відправлення матеріалів, такі як місцеві кар'єри, виробничі підприємства або регіональні постачальники, відповідні відстані до окремих будівельних майданчиків та очікувані навантаження.

Таблиця 3.1 Вихідні дані різних транспортних схем

Найменування об'єктів	Обсяг буд. матеріалів, тис. т	Відстань до об'єкта, км		
		від складу буд. матеріалів	від залізниці	від заводу ЗБК
Корпус лікарні	35,4	14,6	12,6	10,4
Теплоенергетичний вузол	15,6	11,0	13,2	9,4
Спортивний комплекс	19,1	17,4	8,1	8,2
ЦНАП	11,6	19,8	16,5	7,8
Гуртожиток	20,1	17,9	9,6	9,1
РАЗОМ	101,8	-	-	-

Останні практичні дані в Україні підкреслюють актуальність такого підходу: комерційні перевізники вантажів вказують типові тарифи на вантажні

перевезення в розмірі близько 23 грн за кілометр для легких вантажів (до 5 т) та 30-37 грн за кілометр для важчих вантажів (до 22 т) у 2024-25 роках. Це демонструє пряму залежність транспортних витрат від тоннажу та відстані. Коли ці тарифи застосовуються до масштабних проектів сукупні транспортні витрати стають основним фактором, що впливає на вартість[7].

У сфері будівельної логістики та управління проектами розрахунок середньозваженої відстані транспортування має особливе значення як для ефективності транспортування, так і для оптимізації витрат. Цей параметр є основним аналітичним інструментом для оцінки витрат, пов'язаних з логістикою. Розрахунок передбачає визначення середньої відстані, на яку транспортуються будівельні матеріали, зваженої відповідно до обсягів або тоннажу, що доставляються по кожному маршруту.

Зважена середня відстань слугує інтегрованим показником, що враховує всі маршрути постачання, внесок кожного постачальника в загальний обсяг поставок та відносну частку кожного транспортного потоку в логістичній мережі проекту. Її значення забезпечує об'єктивну основу для оцінки компонента транспортних витрат у загальній вартості доставки матеріалів. У великих інфраструктурних або житлових проектах, де поставки здійснюються з декількох джерел, зважена середня відстань дозволяє уніфікувати логістичні зусилля, навіть якщо окремі маршрути значно відрізняються за довжиною.

Точний розрахунок цього показника гарантує, що транспортні витрати не будуть недооцінені при плануванні бюджету, і дозволяє інженерам моделювати вплив різних конфігурацій постачання. Перенесення частини поставок з джерела, розташованого на відстані 85 км, до іншого, розташованого лише на відстані 40 км, може зменшити середньозважену транспортну відстань на 20–25 %, що призведе до відповідного зменшення загального споживання палива та експлуатаційних витрат на транспортні засоби. За поточних тарифів на вантажні перевезення та середньої вартості палива така оптимізація може зменшити транспортні витрати для середнього за розміром проекту на кілька сотень тисяч гривень протягом стандартного будівельного циклу[14].

Середньозважена відстань транспортування визначається за формулою:

$$L_{св} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i \times Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i},$$

де $L_{св}$ — середньозважена відстань транспортування, км;

L_i — відстань від постачальника i до будівельного майданчика, км;

Q_i — кількість будівельних матеріалів, що транспортуються з точки i , т;

n — кількість постачальників (маршрутів доставки).

На цьому етапі доцільно надати вичерпний опис методів, що використовуються для визначення відстаней транспортування, та підкреслити їх важливість в економічній оцінці будівельної логістики. Щоб правильно оцінити середню відстань для транспортування матеріалів на основі розподілу джерел постачання, необхідно враховувати як відстань, яку повинна пройти кожна партія матеріалів, так і кількість цих матеріалів, що доставляються по кожному маршруту. Такий підхід дозволяє точно відобразити логістичну конфігурацію мережі постачання, що відображає реальні умови експлуатації будівельних проектів, де матеріали часто транспортуються з декількох різних джерел.

Наприклад, коли подібні будівельні матеріали транспортуються з декількох джерел до різних об'єктів інфраструктури в межах міста, відстані можуть істотно відрізнятись залежно від географічного положення постачальників та транспортної доступності кожного об'єкта. Розглянемо сценарій, в якому матеріали одного типу доставляються до декількох муніципальних інфраструктурних проектів, що фінансуються з місцевого бюджету, таких як будівля лікарні, теплоенергетична установка, спортивний комплекс, адміністративний центр та гуртожиток.

Згідно з початковими проектними припущеннями, вартість однієї тонни матеріалів є однаковою для всіх проектів. Однак вартість доставки за тону-кілометр може варіюватись залежно від вантажопідйомності використовуваних транспортних засобів та типу застосовуваної схеми транспортування.

На практиці вартість перевезення для важких транспортних засобів вантажопідйомністю до 22 тонн може досягати 45 грн за кілометр на тонну-кілометр (включно з ПДВ), тоді як менші транспортні засоби вантажопідйомністю до 5 тонн працюють за ставкою 23 грн за кілометр на тонну-кілометр. Ці цифри чітко демонструють, що вантажопідйомність транспортного засобу має вирішальний вплив на собівартість доставки матеріалів. Як результат, вибір виду транспорту та оптимізація відстані стають центральними факторами, що впливають на економічну ефективність логістичного планування[4].

У рамках цієї аналітичної моделі можна виділити три типові схеми транспортування для доставки однакових матеріалів на різні будівельні майданчики. Перша схема передбачає доставку будівельних матеріалів безпосередньо з центрального складу на будівельні майданчики. Ця модель відображає просту систему розподілу без проміжних операцій з обробки, але часто передбачає різні відстані в межах міста.

Друга схема базується на припущенні про доставку матеріалів з залізничного терміналу на ті самі будівельні майданчики. У цій конфігурації матеріали спочатку транспортуються до залізничного пункту розвантаження, після чого перевантажуються на автомобільні транспортні засоби для остаточної доставки. Хоча відрізки доріг можуть бути коротшими, цей метод передбачає додаткові витрати на обробку та логістичну координацію.

Третя схема передбачає транспортування матеріалів безпосередньо з заводу залізобетонних виробів, де виготовляються збірні компоненти, а потім відправляються на відповідні будівельні майданчики. Ця система передбачає більшу вантажопідйомність, що дозволяє використовувати великовантажні вантажівки з меншими транспортними витратами на одиницю, але може вимагати більших середніх відстаней через обмежену кількість таких виробничих потужностей у регіоні.

Результати розрахунків відстані та вартості для цих трьох схем транспортування загалом представлені в порівняльній таблиці, яка підсумовує вихідні дані — відстань до кожного будівельного майданчика, кількість

транспортованих матеріалів та отримані транспортні витрати для кожної конфігурації[16]. Ці результати дають змогу проаналізувати, як відстань транспортування та розподіл навантаження впливають на загальну вартість доставки, та визначити, яка схема забезпечує найефективніше та економічно обгрунтоване логістичне рішення для реалізації проектів міської інфраструктури.

Таблиця 3.2 Транспортні витрати за різних схем доставки

Схема транспортування	Середньозважена відстань, км	Обсяг перевезень, т	Вартість 1 т-км, грн.	Загальні транспортні витрати, тис. грн.
Від складу будівельних матеріалів (Схема 1)	15,82	101,8	45	72,461
Від залізничного пункту (Схема 2)	11,70	101,8	45	53,596
Від заводу ЗБК (Схема 3)	9,28	101,8	45	42,516

Найнижчі транспортні витрати досягаються при застосуванні схеми 3, яка передбачає пряму доставку матеріалів з заводу залізобетонних виробів на будівельні майданчики. Така конфігурація виключає проміжне зберігання, перевантаження та подвійну обробку, тим самим зменшуючи як логістичну складність, так і одиничні транспортні витрати. Тому вона вважається найбільш економічно виправданим варіантом і повинна бути обрана як пріоритетна модель транспортування, коли технічні та графікові умови проектів дозволяють її реалізацію. Для муніципальної програми будівництва в Сумах аналіз транспортної складової на етапі логістичного планування показує, що загальні транспортні витрати можна зменшити більш ніж на 41,3 % порівняно з

найдорожчою конфігурацією, представленою схемою 1, за однакових умов вартості матеріалу за тонну.

Окрім числового порівняння схем доставки, мінімізація транспортних витрат є критично важливим стратегічним напрямком в управлінні великомасштабними будівельними проектами в місті. При плануванні великих інфраструктурних проектів просторова координація об'єктів виробництва матеріалів, зокрема бетонних і залізобетонних заводів, має вирішальний вплив на логістичну ефективність та економічні результати. Створення таких заводів у безпосередній близькості від будівельних майданчиків істотно скорочує відстань транспортування матеріалів і, як наслідок, витрати палива та експлуатаційні витрати, пов'язані з кожною доставкою[18]. На практиці оптимізація географічного розподілу виробничих потужностей відносно активних будівельних зон призводить до помітного підвищення економічної ефективності доставки залізобетонних елементів та загального використання ресурсів проекту.

Таблиця 3.3 Розрахунок можливих транспортних схем

№	Можливі варіанти транспортних схем: вид перевезення	Подача транспортних засобів	Транспортні операції				
			Навантаження засобів	Розвантаження засобів	Тарифна оплата		
					Автомобільний	Залізничний	Річковий
1	2	3	4	5	6	7	8
2	Схема-А автотранспортна	+	+	+	+	-	-
3	Схема-З залізнична	+	+	+	-	+	-
4	Схема-Р річна	+		+	-	-	+
5	Схема-А-З авто-залізнична	+	+	+	+	+	-
6	Схема-А-Р авто-річна	+	+	+	+	-	+
7	Схема-А-Р-З авто-річна-залізнична	+	+	+	+	+	+

Такий підхід до логістичної оптимізації забезпечує синхронізацію операцій з постачання матеріалів із графіком будівництва та функціонування мережі доставки з мінімальним простоем і надлишковим пробігом. В результаті скорочення транспортних відстаней безпосередньо знижується

енергоспоживання та зменшується вплив будівельних робіт на навколишнє середовище, одночасно підвищується передбачуваність термінів доставки та ефективність виконання проектів.

Загалом, застосування розрахунків середньозваженої відстані та їх інтеграція в процедури планування транспортування забезпечує надійну аналітичну основу для прийняття рішень у сфері міської будівельної логістики. Використовуючи ці дані для оцінки схем доставки на етапах проектування та планування, муніципальні органи влади та керівники проектів можуть прийняти логістичні конфігурації, які забезпечують баланс між зниженням витрат, надійністю експлуатації та своєчасним виконанням. Таке планування, засноване на фактичних даних, сприяє раціональному розподілу державних інвестицій, підвищує ефективність сектора міського будівництва та підтримує сталий економічний розвиток міста.

3.2 Вплив транспортної інфраструктури на вартість будівництва

Фактори, що визначають вартість транспортування будівельних матеріалів до будівельних та монтажних підприємств, систематично фіксуються в офіційній документації, такій як звіти про закупівлю матеріалів, таблиці відстаней, види транспорту та затверджені логістичні схеми. Ці записи є незамінними для розробки точних транспортних стратегій та оцінки витрат, оскільки вони забезпечують емпіричну основу для визначення змінних, що формують загальні логістичні витрати будівельного проекту[5].

Такі змінні включають відстань від постачальників до будівельних майданчиків, вагу та об'єм матеріалів, вантажопідйомність та ефективність обраних транспортних засобів, стан доріг та тип необхідного вантажоперевезення. Коли ці параметри точно враховані, логістична система будівельного підприємства може бути спроектована таким чином, щоб забезпечити найбільш економічно ефективну та своєчасну доставку матеріалів на майданчик.

Відповідно до стандартних положень, що регулюють планування, облік та оцінку будівельних і монтажних робіт, загальна вартість будівництва повинна

обов'язково включати всі витрати, пов'язані з транспортними та експедиторськими послугами. Ці витрати охоплюють операції з навантаження та розвантаження, проміжне зберігання, технічне обслуговування транспортних засобів та адміністративну координацію між постачальниками та підрядниками. Включення транспортних витрат до загального бюджету проекту відображає зростаюче визнання логістики як вирішального економічного чинника в сучасному управлінні будівництвом. Недостатній облік цих складових може призвести до значного заниження фактичної вартості робіт та потенційних затримок у процесі будівництва через перебої в постачанні.

В умовах ринкової економіки розуміння внутрішнього складу витрат на матеріали, зокрема частки, яку становить транспорт, є надзвичайно важливим для будівельних підприємств, що прагнуть залишатися конкурентоспроможними. Транспортні витрати можуть становити від 8% до 15% від загальної вартості будівельних матеріалів, залежно від відстані до постачальників та типу вантажу. Тому оптимізація схем доставки, наприклад, шляхом консолідації вантажів, вибору маршрутів з мінімальним споживанням палива або укладення стабільних договорів з постачальниками, безпосередньо впливає на прибутковість будівельних робіт[13].

Більше того, аналізуючи та документуючи транспортні фактори на етапі планування, будівельні компанії отримують можливість прогнозувати потенційні коливання витрат, спричинені змінами цін на паливо, дорожніми тарифами або логістичними обмеженнями. Такий аналітичний підхід сприяє не тільки більш точному плануванню бюджету, але й створенню гнучкої логістичної структури, що підтримує стає та ефективне управління ресурсами протягом усього циклу проекту.

Загальна вартість будівельних матеріалів визначається з допомогою наступної формули:

$$V_m = B + V_{tur} + N + S_{oc} + T,$$

де V_m — загальна вартість будівельних матеріалів, грн;

B — ціна реалізації, грн;

V_{tur} — вартість тари та упаковки, грн;

N — націнка постачальника, грн;

S_{oc} — вартість доставки та складування, грн;

T — вартість транспортування, грн.

Транспортні витрати охоплюють усі пов'язані з цим платежі, включаючи завантаження, розвантаження та доставку різними видами транспорту. Конфігурація та якість регіональної транспортної інфраструктури, а також обрані схеми доставки мають вирішальний вплив на формування та оптимізацію розрахункових цін на будівельні матеріали, вироби та компоненти. Комплексний аналіз логістики та транспортних потоків, особливо в регіонах зі складними мережами постачання, таких як Східна Україна, дозволяє визначити оптимальні маршрути та мінімізувати транспортні витрати, дотримуючись технічних вимог та графіків будівельних проектів. Такий інтегрований підхід не тільки вирішує економічні проблеми, пов'язані з транспортуванням матеріалів, але й забезпечує раціональне використання наявних ресурсів та безперебійність постачання матеріалів для будівельних та монтажних робіт[8].

Вивчення схем транспортування, що використовуються для доставки будівельних матеріалів, є необхідним для оптимізації логістичних операцій в управлінні будівництвом. Структура цих схем визначає ефективність використання транспортних засобів, кількість порожніх рейсів та загальну вартість доставки. Застосовуються три основні типи організації транспорту: маятникова, кругова та одностороння системи, кожна з яких характеризується особливими логістичними та економічними особливостями.

Маятникова схема є найбільш традиційною структурою транспорту, де транспортні засоби рухаються туди-сюди між двома точками, наприклад, між бетонним заводом і будівельним майданчиком або між центральним складом і декількома місцевими проектами. Ця система є особливо ефективною, коли маршрути доставки є стабільними, попит на матеріали є постійним і можна організувати зворотні вантажі. У цьому випадку транспортні засоби можуть повертатися з вторинним вантажем, тим самим зменшуючи частку порожнього

пробігу і знижуючи загальні транспортні витрати. Наприклад, у муніципальних будівельних проектах, де кілька об'єктів забезпечуються з одного логістичного центру, маятникові схеми забезпечують передбачувані цикли доставки та дозволяють синхронізувати графіки виробництва та потреби на місці. Однак їх основним обмеженням є залежність від стабільного попиту та необхідність постійного планування зворотних поїздок[9].

Кругова схема передбачає транспортний маршрут, за яким транспортні засоби послідовно відвідують кілька пунктів призначення у безперервному циклі, перш ніж повернутися до пункту відправлення. Цей метод забезпечує вищий коефіцієнт використання транспортних засобів і дозволяє ефективно розподіляти матеріали, коли їх необхідно доставити на кілька будівельних майданчиків у межах певної географічної області. Кругові системи особливо вигідні в разі інтенсивного міського будівництва, де відстані між об'єктами помірні, а скоординована доставка дозволяє підтримувати безперебійне постачання матеріалів на кілька майданчиків. Основним недоліком цієї системи є підвищена складність планування, оскільки вона вимагає точної координації часу завантаження, обсягів і послідовності доставки для всіх включених проектів.

Схема одностороннього руху використовується для доставки на великі відстані або нерегулярних доставок, коли матеріали транспортуються в одному напрямку без гарантованого зворотного вантажу. Така структура є типовою для доставки великих збірних елементів або для постачання віддалених об'єктів, де зворотний маршрут може не включати вантаж. Хоча ця схема забезпечує гнучкість і швидке реагування на потреби різних проектів, вона призводить до підвищення одиничних транспортних витрат через збільшення частки порожнього пробігу та зниження коефіцієнта використання транспортних ресурсів.

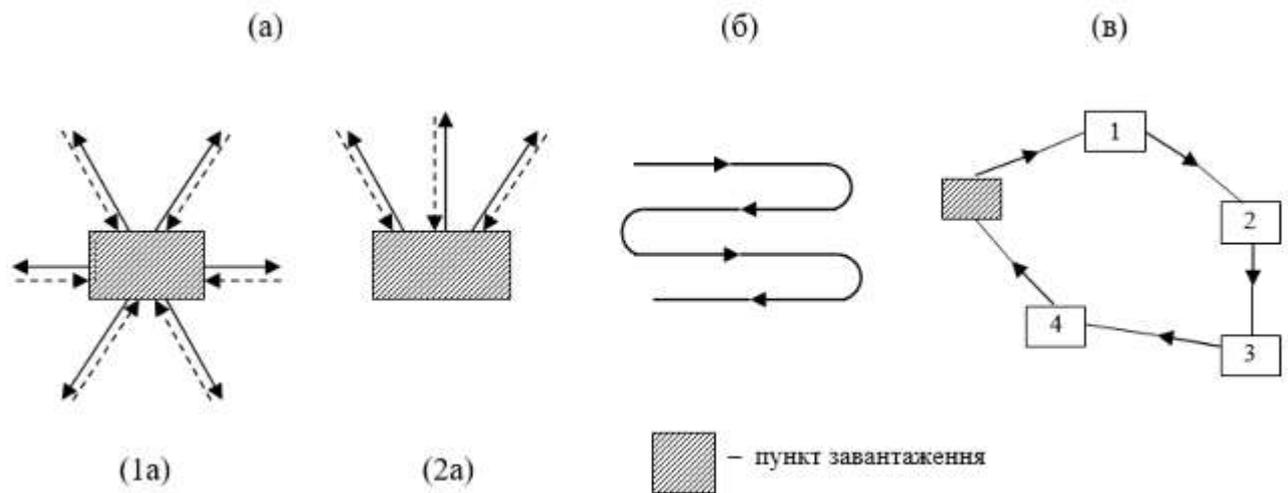


Рис. 3.1 Класифікація схем руху транспортних засобів: (а) – маятникова схема ((1а) – радіальна; (2а) – віяльна); (б) – схема одностороннього руху; (в) – кругова схема

У міських будівельних проектах вибір схеми транспортування значно впливає як на вартість, так і на ефективність доставки матеріалів. Кожна схема має свої переваги та обмеження, що залежать від таких факторів, як розподіл будівельних майданчиків, наявні транспортні ресурси та можливість використання зворотних рейсів. Для ефективного планування будівельної логістики необхідно аналізувати ці схеми не тільки з точки зору відстані та вартості, але й з точки зору операційних та екологічних показників, щоб визначити найбільш оптимальний підхід для конкретного проекту[17].

Розглянемо транспортні схеми на прикладі проекту житлового будівництва в Києві. Даний проект було обрано через високий рівень будівництва в регіоні та складні умови доставки. Маятникова схема була особливо вигідною завдяки помірній відстані в 20 кілометрів між центральним розподільчим центром і будівельними майданчиками, що дозволяло забезпечити ефективну логістику з двостороннім рухом. У проекті було задіяно 15 вантажівок, кожна з яких мала вантажопідйомність 20 тонн, для доставки цементу, сталі та збірних компонентів на будівельні майданчики та повернення будівельного сміття, включаючи металобрухт і надлишки бетону. Повернення вантажів було заздалегідь узгоджено з субпідрядниками, щоб забезпечити максимальне використання

вантажопідйомності транспортних засобів, мінімізувати порожні рейси та зменшити непотрібні операційні витрати.

Застосування маятникової схеми принесло відчутні економічні та операційні вигоди. Консолідація доставок і повернень зменшила споживання палива і робочі години, що призвело до скорочення загальних транспортних витрат на 20%. Середній час доставки за одну поїздку був скорочений на 15% порівняно з традиційними методами доставки в один бік завдяки оптимізації маршрутів і графіків. Крім того, покращилася екологічна ефективність: викиди вуглецю, пов'язані з транспортом, скоротилися на 18% завдяки зменшенню кількості поїздок і економії палива[7].

Існували операційні виклики, пов'язані насамперед із заторами в міському трафіку в години пік, що іноді затримувало доставку і впливало на терміни будівництва. Щоб пом'якшити ці проблеми, в рамках проекту було впроваджено рознесений графік доставки та проведено координацію з муніципальними органами влади для поліпшення транспортного потоку поблизу будівельних майданчиків. Аналіз показує, що схема транспортування маятником є найбільш ефективною, коли будівельні майданчики знаходяться на помірній відстані від хабу, зворотні вантажі можна організувати так, щоб уникнути порожніх рейсів, а автопарк є достатнім для підтримки високої частоти поїздок без перевантаження інфраструктури.

Кругова схема була впроваджена в тому ж житловому будівельному проекті, щоб оцінити її придатність для обслуговування декількох об'єктів за допомогою одного маршруту. У цій моделі вантажівки рухалися по колу, послідовно доставляючи матеріали на кілька будівельних майданчиків, а потім поверталися до центрального вузла. Проект був зосереджений на доставці сипучих матеріалів, таких як гравій і пісок. Кожному транспортному засобу було призначено маршрут, що охоплював чотири-п'ять об'єктів за кожну петлю, з відстанню між сусідніми об'єктами від 5 до 12 кілометрів і загальною довжиною маршруту в середньому 48 кілометрів за поїздку.

Для циркулярної схеми використовувався парк із 12 вантажівок, кожна з яких мала вантажопідйомність 18 тонн. На відміну від маятникової моделі, циркулярний підхід дозволяв вантажівкам залишатися завантаженими протягом більш тривалого часу, перш ніж повертатися порожніми, тим самим оптимізуючи використання транспортних засобів і мінімізуючи пробіг на холостому ходу. Операційний аналіз показав, що об'єднання доставок в один цикл зменшило кількість окремих поїздок, необхідних для обслуговування всіх будівельних майданчиків, що знизило споживання палива на 12 відсотків у порівнянні з незалежними односторонніми доставками. Крім того, завдяки зменшенню кількості окремих поїздок було скорочено робочий час, а планування послідовних доставок дозволило краще координувати роботу з бригадами на майданчиках, запобігаючи заторам при обробці матеріалів[2].

Незважаючи на цю ефективність, циклічна схема створювала проблеми, пов'язані зі зменшенням вантажопідйомності в міру просування поставок. Оскільки матеріали розвантажувалися на кожному майданчику, вантажівки поступово перевозили все менші вантажі, що дещо знижувало ефективність споживання палива на тонну-кілометр. Крім того, точне планування маршруту було критично важливим для уникнення перевантаження доріг і дотримання термінів доставки. Транспортні умови в місті, особливо поблизу будівельних майданчиків, вимагали постійного моніторингу, і для підтримки операційної ефективності іноді було необхідно вносити незначні корективи в маршрути. Проте модель виявилася особливо ефективною, коли будівельні майданчики були щільно розташовані в межах визначеної міської території, що дозволяло транспортним засобам обслуговувати кілька пунктів призначення без значного збільшення відстані пробігу.

Схема одностороннього транспортування також була проаналізована в проекті житлового будівництва в Києві з метою оцінки її експлуатаційних та економічних характеристик у порівнянні з іншими моделями. За цією схемою транспортні засоби прямують безпосередньо від центрального хабу або постачальника до будівельних майданчиків без зворотного вантажу, здійснюючи

одну доставку за рейс, а потім повертаються порожніми. Модель була застосована для транспортування важких матеріалів, включаючи бетонні блоки, збірні панелі та сталеві балки, на об'єкти, розташовані на відстані від 18 до 25 кілометрів від хабу, із середньою відстанню поїздки 22 кілометри в один бік.

У рамках схеми одностороннього транспортування було задіяно парк із 10 вантажівок, кожна з яких мала вантажопідйомність 20 тонн. Відсутність зворотного вантажу неминуче знижувала ефективність використання транспортних засобів, оскільки кожна вантажівка мала повертатися порожньою до центрального хабу, що фактично збільшувало споживання палива на тонну-кілометр. Оперативний моніторинг показав, що використання палива для порожніх зворотних рейсів збільшувало загальні транспортні витрати на 28 відсотків порівняно з маятниковим або круговим маршрутом, що обслуговував ті самі об'єкти. Кількість робочих годин також була більшою через додатковий час, необхідний для цих зворотних рейсів. Незважаючи на ці обмеження, схема одностороннього руху дозволила спростити планування та управління маршрутами, особливо в тих випадках, коли зворотні вантажі не можна було надійно організувати або коли міська інфраструктура обмежувала використання кругових маршрутів[14].

Умови дорожнього руху відігравали вирішальну роль в оперативній ефективності схеми одностороннього руху. Затори в години пік призводили до затримок, а відсутність зворотних вантажів означала, що вантажівки їхали порожніми на значній частині своїх маршрутів, що ще більше збільшувало неефективність. Щоб пом'якшити ці ефекти, було застосовано програмне забезпечення для оптимізації маршрутів, щоб вибрати найкоротші можливі шляхи, а вікна доставки були рознесені в часі, щоб уникнути перекриття з періодами високого трафіку. Хоча ця схема збільшила операційні витрати, вона залишалася вигідною в сценаріях, коли доставка матеріалів, чутливих до часу, вимагала прямих, безперервних поїздок, або коли кілька об'єктів не можна було ефективно об'єднати в один цикл через просторовий розподіл.

Таблиця 3.4 Порівняльна таблиця

Показник / Схема	Маятникова	Кругова	Одностороння
Відстань маршруту	20 км (туди й назад)	~48 км за цикл (5–12 км між об'єктами)	22 км в один бік
Кількість вантажівок / вантажопідйомність	15 / 20 т	12 / 18 т	10 / 20 т
Тип вантажу	Цемент, сталь, збірні елементи, будсміття	Сипучі матеріали	Важкі будматеріали
Витрати палива	-18% / -20%	-12%	+28%
Скорочення часу	-15%	-10%	-
Переваги	Використання зворотних вантажів, оптимальні маршрути, екологічність	Менше поїздок, ефективне обслуговування щільно розташованих об'єктів	Простота планування, прямі поставки для чутливих до часу матеріалів
Недоліки	Затори, потреба координації, залежність від зворотних вантажів	Зменшення вантажопідйомності по ходу циклу, складне планування маршруту	Порожні зворотні рейси, високе споживання палива, чутливість до трафіку

Порівняльна оцінка маяткової, кругової та односторонньої схем транспортування демонструє їх істотний вплив на кошторисну вартість будівництва. Маятникова схема, що передбачає використання зворотних вантажів, дозволила зменшити транспортні витрати на 20 відсотків, а також на 18 відсотків знизити споживання палива і на 15 відсотків скоротити середній час доставки за одну поїздку. Кругова схема, що дозволяє здійснювати послідовні доставки на кілька об'єктів в рамках одного циклу, зменшила кількість рейсів на 12 відсотків, скоротила робочий час на 10 відсотків і пропорційно знизила споживання палива, що сприяло помірній загальній економії витрат. На відміну від цього, одностороння схема, що характеризується порожніми зворотними

рейсами, збільшила транспортні витрати на 28 відсотків порівняно з маятниковою схемою, але при цьому зберігши надійність доставки матеріалів.

Стратегічний вибір і впровадження цих схем транспортування, заснованих на розподілі об'єктів, типах матеріалів, місткості транспортних засобів і потенціалі зворотних вантажів, дозволяє керівникам будівництва оптимізувати логістику і значно впливати на частку транспортних витрат у загальному бюджеті проекту. Пріоритетність маятникової або кругової моделей, де це можливо, може зменшити транспортну складову на 15–20 відсотків порівняно з нескоординованими односторонніми доставками. Ці кількісні результати підкреслюють, що вибір схеми транспортування безпосередньо впливає на операційну ефективність, використання ресурсів та економічну ефективність будівельних проектів, забезпечуючи основу для обґрунтованого прийняття рішень та оптимізованого управління витратами.

Висновок

Проведене дослідження демонструє значний вплив транспортних витрат на загальний бюджет будівельних проектів та підкреслює важливу роль управління логістикою в оптимізації доставки матеріалів. У роботі систематично проаналізовано принципи будівельної логістики, виклики та особливості транспортування матеріалів, а також сучасні тенденції в Україні та інших регіонах, що забезпечує всебічну основу для розуміння структури витрат будівельних проектів. Дослідження різних схем транспортування — маятникової, кругової та односторонньої — виявило їхні відмінні операційні характеристики, переваги та обмеження. Кількісний аналіз показав, що стратегічний вибір схеми транспортування може зменшити транспортну складову будівельних витрат на 15–20 відсотків. Маятникова схема продемонструвала найвищий потенціал економії витрат за умов, що дозволяють повернення вантажу, тоді як кругова схема виявилася ефективною для послідовного обслуговування декількох об'єктів, а одностороння схема забезпечила гнучкість для термінових поставок, незважаючи на вищі операційні витрати.

В роботі також вказана важливість розрахунку середньозважених відстаней для транспортування матеріалів, оскільки цей показник забезпечує надійну основу для оптимізації маршрутів доставки, використання транспортних засобів та розподілу ресурсів. Включення транспортних витрат у планування проектів забезпечує більш точні оцінки витрат, сприяє обґрунтованому прийняттю рішень та підвищує загальну ефективність проектів. Результати підкреслюють, що інтеграція добре спланованих логістичних стратегій не тільки мінімізує транспортні витрати, але й покращує операційну ефективність, зменшує споживання палива та оптимізує використання робочої сили, що в кінцевому підсумку сприяє економічній життєздатності та успішній реалізації будівельних проектів.

Підсумовуючи, ефективне управління транспортною логістикою є ключовим фактором контролю витрат на будівельні проекти, а вибір відповідних схем транспортування, узгоджених з розподілом будівельних майданчиків, типами матеріалів та місткістю транспортних засобів, безпосередньо впливає як на ефективність доставки, так і на загальну кошторисну вартість будівництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабина О. Є. Методолого-практичні основи формування та реалізації потенціалу транспортних підприємств : автореф. дис. ... д-ра екон. наук : 08.00.04. Київ, 2017. 43 с.
2. Бондаренко О. М., Гайдук О. Є. Відображення в обліку транспортнозаготівельних витрат підприємства. Інтернаука. Серія: «Економічні науки». 2020. № 11 (91). С. 21-24.
3. Вантажні перевезення по Україні. Укравтологістика: Сайт. URL: <https://ukrautologistic.com.ua/vantazhni-perevezennya/> (дата звернення: 30.04.2025).
4. Власова В. П., Чумак А. С. Транспортна інфраструктура України як об'єкт інвестиційної привабливості в мінливих безпекових умовах. Бізнес Інформ. 2023. № 12. С. 199-207. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2023-12-199-207>.
5. Войтович С. Я., Кислюк Д. Я., Ротко С. В., Ужегова О. А., Сиваченко Т. Л. Порівняння вітчизняної та зарубіжної (європейської) моделей ціноутворення в будівництві. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. 2021. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2020-4\(14\)-06](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2020-4(14)-06).
6. Волошко Т., Таценко О., Соларьов О. Підвищення ефективності використання транспортних засобів для аграрного виробництва. Вісник Приазовського Державного Технічного Університету. Серія: Технічні науки. 2022. №45. С. 135-142. DOI: <https://doi.org/10.31498/2225-6733.45.2022.276274>.
7. Герасимова О. Недоліки та шляхи модернізації системи ціноутворення в будівництві із застосуванням великих масивів даних (big data). Economy and Society. 2021. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-32-18>.
8. Дерій В., Гуменна-Дерій М. Облік і контроль за допоміжними матеріальними ресурсами в управлінні фінансовою безпекою у будівництві. Вісник економіки. 2023. № 1. С. 67-79. DOI: <https://doi.org/10.35774/visnyk2023.01.067>.
9. Дмитрієв І.А., Левченко Я.С. Транспортне підприємництво: навч. посіб. Х.: ФОП Бровін О.В., 2018. 308 с.

10. Кадол Л. В., Федоренко Т. В., Хімченко А. В. Особливості ціноутворення продукції будівельної галузі. URL: <https://cutt.ly/F6vfvq12> (дата звернення: 05.05.2025).
11. Карпенко О. О. Обґрунтування ефективності кластеризації транспортно-логістичних підприємств. Водний транспорт. 2015. Вип. 2. С. 126-133.
12. Кулакова С., Калембет А., Подкопова Д. Особливості формування логістичних витрат підприємств в умовах воєнного стану. Фінансово-кредитні системи: перспективи розвитку. 2023. № 1(8). С. 22-29. DOI: <https://doi.org/10.26565/2786-4995-2023-1-03>.
13. Лялюк О. Г., Ратушняк О. Г. Кошторисна справа в будівництві : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс]. Вінниця : ВНТУ, 2024. 90 с. URL: https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2024/Lyaljuk_2024_90.pdf (дата звернення: 30.04.2025).
14. Лучникова Т. П., Тарновська І. В., Воробйов Є. В. Адаптація транспортних підприємств України до умов воєнного стану. Бізнес Інформ. 2023. № 1. С. 116-122. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2023-1-116-122>.
15. Михайличенко К. М. Відновлення транзитного потенціалу як чинник підвищення конкурентоспроможності України. Стратегічні пріоритети. 2015. № 4 (37). С. 59-65.
16. Нестеренко В. Ю., Деділова Т. В., Юрченко О. В., Токар І. І. Економіка будівництва: Навчальний посібник. Харків: ХНАДУ, 2021. 224 с.
17. Починок Н., Лупійчук А. Облік і контроль транспортного переміщення матеріалів та працівників у смартбудівництві. Вісник економіки. 2023. № 3. С. 68-82. DOI: <https://doi.org/10.35774/visnyk2023.03.068>.
18. Юрченко О. В., Нестеренко В. Ю., Демченко В. В. Особливості складання кошторисної документації за укрупненими кошторисними нормами при визначенні вартості будівництва. Проблеми і перспективи розвитку

підприємництва. 2023. № 1(30). С. 14-25. DOI: <https://doi.org/10.30977/PPB.2226-8820.2023.30.14>.

19. Юрченко Ю. М. Витрати на транспорт і розміщення виробництва. Вісник економіки транспорту і промисловості. 2010. № 29. С. 295-298.