

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УРАЇНИ**

Факультет (ННІ) _____ Механіко-технологічний _____

ПОГОДЖЕНО
Декан факультету (Директор ННІ)
Механіко-технологічного

(назва факультету (ННІ))

Братішко В.В.
(підпис) (ПІБ)
“ ” _____ 2025р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
Транспортних технологій та засобів в
АПК

(назва кафедри)

Савченко Л.А.
(підпис) (ПІБ)
“ ” _____ 2025р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему Дослідження транспортного процесу при перевезенні будівельних матеріалів

Спеціальність 275 «Транспортні технології (за видами)»
(код і назва)

Освітня програма Транспортні технології (на автомобільному транспорті)
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

_____ д.е.н. _____ Загурський О.М.

Керівник магістерської роботи

_____ к.т.н., доцент _____ Савченко Л.А.

Виконав

_____ Псьота О.В.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УРАЇНИ**

Факультет (ННІ) _____ Механіко-технологічний _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Транспортних технологій та засобів в АПК

к.т.н., доцент _____ Савченко Л.А.
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Псьоті Олександрю Вячеславовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 275 «Транспортні технології (за видами)»
(код і назва)

Освітня програма Транспортні технології (на автомобільному транспорті)
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської роботи Дослідження транспортного процесу при перевезенні будівельних матеріалів

затверджена наказом ректора НУБіП України від “ 13 ” листопада 2024 р. № 2037 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 20 листопада 2025р
(число, місяць, рік)

Вихідні дані до магістерської роботи

1. Загальна характеристика
2. Аналіз перевезень в умовах підприємства
3. Методика визначення економічної ефективності
4. Статті з обраної теми зі збірників наукових праць та журналів, довідники, посібники та інтернет-ресурси.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Загальна характеристика підприємства
2. Сучасний стан теоретичних досліджень вантажних перевезень
3. Дослідження технологій перевезення та розв'язок транспортної задачі
4. Безпека праці

Дата видачі завдання «01» вересня 2024 р.

Керівник магістерської роботи _____ Савченко Л.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____ Псьота О.В.
(підпис) (прізвище та ініціали студента)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота присвячена аналізу та вдосконаленню транспортного процесу, пов'язаного з перевезенням будівельних матеріалів. Актуальність обраної теми зумовлена значним обсягом таких вантажів у структурі автомобільних перевезень, а також необхідністю забезпечення ефективності логістичних рішень в умовах обмежених ресурсів, зростання вартості перевезень і підвищених вимог до безпеки.

Об'єктом дослідження є процес доставки будівельних матеріалів автотранспортом, а предметом – методи і підходи до його оптимізації з урахуванням техніко-експлуатаційних, економічних та організаційних чинників. Метою дослідження є підвищення ефективності транспортного обслуговування шляхом застосування сучасних логістичних і аналітичних інструментів.

У теоретичній частині роботи здійснено огляд класифікації будівельних вантажів, специфіки їх перевезення, вимог до транспортних засобів, а також нормативного регулювання даного процесу. Проведено дослідження функціонування транспортної системи на прикладі підприємства ТОВ «Буд-Транс Логістик», виявлено вузькі місця в організації перевезень та нераціональне використання рухомого складу.

Застосування методів дослідження операцій, зокрема класичної транспортної задачі, дало змогу обґрунтувати оптимальні логістичні рішення, спрямовані на скорочення витрат і раціоналізацію маршрутів. В економічному блоці розраховано собівартість перевезень, очікувану економію, рівень ефективності впровадження змін та термін їх окупності.

Окремий розділ присвячено питанням охорони праці та безпечного виконання перевезень. Розглянуто фактори ризику, умови праці водіїв, заходи із запобігання аваріям і травматизму, а також організацію інструктажів та технічного контролю.

У підсумку сформульовано рекомендації щодо підвищення ефективності транспортного процесу на підприємстві, впровадження цифрових інструментів контролю, дотримання вимог безпеки праці та зниження загальних логістичних витрат.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	3
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	8
1.1. Характеристика будівельних матеріалів як об'єкта перевезення	8
1.2. Вимоги до транспортування будівельних вантажів: безпека, упаковка, умови перевезення	10
1.3. Транспортні засоби для перевезення сипучих, тарних і великогабаритних матеріалів	11
1.4. Законодавчі та нормативні акти, що регламентують перевезення будівельних матеріалів	14
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СТАНУ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ НА ПІДПРИЄМСТВІ (на прикладі ТОВ «Буд-Транс Логістик»)	19
2.1. Загальна характеристика підприємства та логістичної інфраструктури	19
2.2. Аналіз організації транспортного процесу на підприємстві	20
2.3. Оцінка ефективності використання рухомого складу	22
2.4. Визначення основних проблем та втрат у транспортному процесі	25
РОЗДІЛ 3. ОПТИМІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	29
3.1. Постановка задачі оптимізації: вибір маршрутів і транспорту	29
3.2. Формування математичної моделі оптимізації перевезень	32
3.3. Розрахунок техніко-експлуатаційних показників роботи транспортних засобів	37
3.4. Впровадження цифрових технологій для оптимізації транспортного процесу в ТОВ «Буд-Транс Логістик»	42
Висновки по 3 розділу	44
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ	46
4.1. Методика визначення витрат на транспортні перевезення	46
4.2. Економічний ефект від цифровізації автопарку	50
4.3. Висновки до 4 розділу	52
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ПЕРЕВЕЗЕНЬ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	52
5.1. Аналіз умов праці водіїв та вантажників	52
5.2. Потенційні виробничі небезпеки та фактори ризику	53
5.3. Засоби індивідуального захисту та вимоги до спецодягу	54
5.4. Заходи щодо запобігання ДТП та травматизму	56
Висновки по 4 розділу	59
ВИСНОВКИ	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	62

ВСТУП

Одним із ключових чинників стабільного функціонування будівельної галузі є ефективне транспортно-логістичне забезпечення постачання матеріалів. У структурі будівництва витрати на транспортування займають значну частку, а збоїв у доставці можуть призвести до зриву графіків виконання робіт, простоїв техніки та підвищення загальних витрат. Це зумовлює необхідність дослідження та вдосконалення організації перевезень будівельних матеріалів як одного з найважливіших елементів логістичного процесу. Особливістю будівельних вантажів є їхня велика маса, об'ємність, різноманітність за фізичними властивостями, а також потреба в особливих умовах транспортування — спеціалізованому рухомому складі, дотриманні правил завантаження, кріплення, безпечного перевезення. Раціональна організація цих процесів сприяє підвищенню продуктивності роботи підприємства, зниженню витрат, підвищенню безпеки праці. Значного поширення у вирішенні логістичних завдань набули методи дослідження операцій, зокрема транспортна задача, яка дозволяє математично обґрунтувати оптимальні маршрути та обсяги перевезень між пунктами навантаження й розвантаження. Її застосування в умовах конкретного підприємства дозволяє приймати ефективні управлінські рішення, зменшувати простої, уникати перевантаження автотранспорту та покращувати логістику в цілому.

Актуальність обраної теми посилюється сучасними викликами — зростанням вартості ПММ, підвищеними вимогами до безпеки перевезень, впровадженням цифрових інструментів контролю, а також потребою у мінімізації впливу людського фактора.

Метою даної роботи є аналіз, моделювання та оптимізація транспортного процесу при перевезенні будівельних матеріалів на прикладі діяльності конкретного підприємства, а також обґрунтування техніко-економічної ефективності запропонованих заходів.

Основні завдання дослідження полягають у наступному:

1. Проаналізувати особливості будівельних матеріалів як вантажу та вимоги до їх транспортування.
2. Дослідити організацію транспортного процесу на підприємстві, що здійснює перевезення будматеріалів.
3. Виявити проблемні аспекти існуючої логістичної моделі та оцінити ефективність використання автотранспорту.
4. Побудувати модель транспортного процесу за допомогою методів дослідження операцій та оптимізувати схему перевезень.
5. Провести економічне обґрунтування запропонованих змін: розрахувати витрати, ефект, рентабельність.
6. Розробити комплекс заходів з охорони праці та безпеки руху в межах оновленої логістичної системи.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

1.1. Характеристика будівельних матеріалів як об'єкта перевезення

Будівельні матеріали — це особливий клас вантажів, транспортування яких супроводжується специфічними вимогами до організації перевезень, вибору транспортних засобів, методів навантаження та розвантаження. Різноманітність фізичних, хімічних і геометричних характеристик таких вантажів формує потребу в гнучкому підході до формування транспортних рішень. До основних категорій будівельних матеріалів, що найчастіше підлягають транспортуванню, належать:

- Сипучі матеріали (пісок, щебінь, гравій, цемент) — характеризуються великою масою при порівняно невеликому об'ємі одиниці. Для їх перевезення використовують самоскиди, бункерні вагони або спеціалізовані контейнери. Основними вимогами є захист від розсипання, втрат маси та забруднення навколишнього середовища.

- Кускові та плиткові матеріали (цегла, бетонні блоки, тротуарна плитка) — зазвичай транспортуються на піддонах або в пакованому вигляді. При цьому особливу увагу слід приділяти кріпленню вантажу, щоб уникнути механічних пошкоджень.

- Готові конструктивні елементи (панелі, балки, металеві ферми) — відрізняються великою довжиною або вагою, нерідко мають нестандартну форму. Їх перевезення здійснюється за допомогою спеціалізованих платформ або тралів, із обов'язковим супроводом та погодженням маршрутів.

- Нестійкі до атмосферних впливів матеріали (гіпсокартон, ізоляційні матеріали, деревина) потребують захисту від вологи та механічних пошкоджень. Для цього використовуються тентові автомобілі, фургони або контейнерна тара.

Ключовими особливостями будівельних матеріалів, які мають значення для перевезення, є:

Висока щільність і маса — створює навантаження на ходову частину транспортного засобу, вимагає дотримання габаритно-вагових норм.

Погана укладальність — нерідко ускладнює рівномірний розподіл маси вантажу по платформі.

Чутливість до зовнішнього середовища — вплив дощу, снігу, вітру може погіршити споживчі властивості матеріалу.

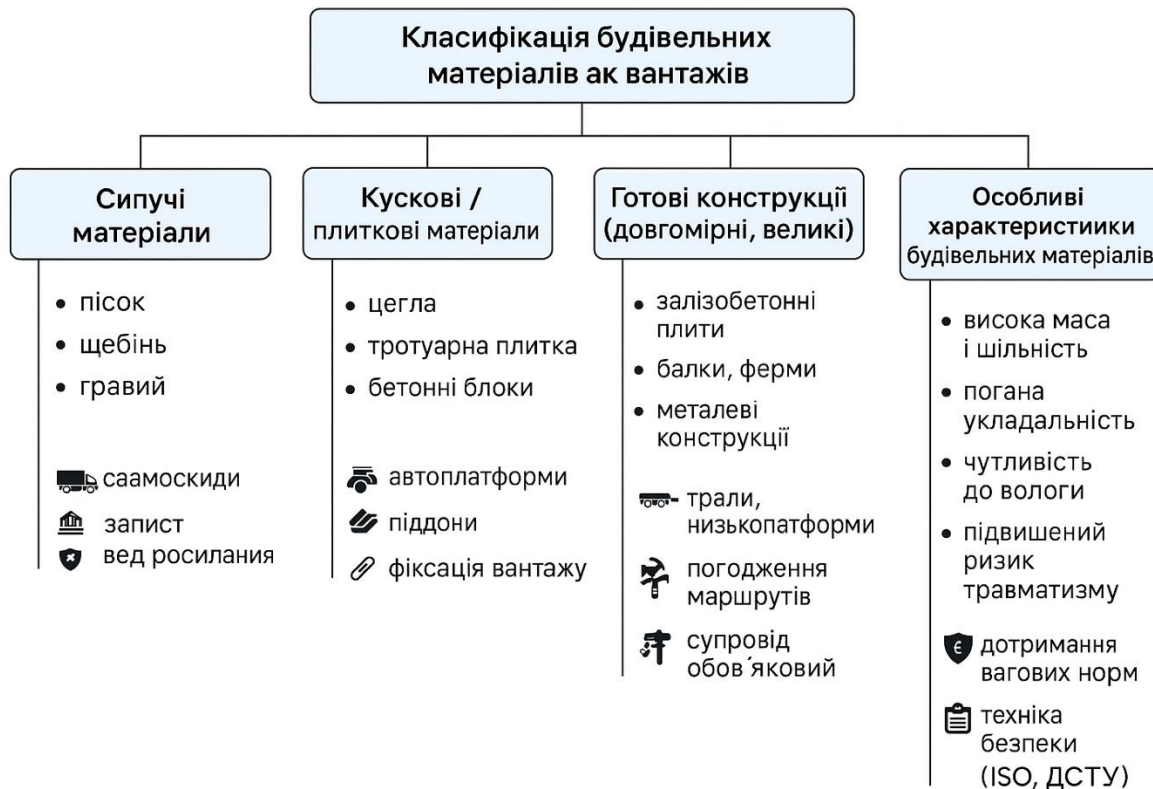


Рис.1.1. Класифікація будівельних вантажів

Підвищена небезпека травматизму — при неправильному поводженні з вантажем можливі виробничі травми, що вимагає посиленої уваги до заходів безпеки при навантаженні та розвантаженні.

У логістичному плануванні важливо враховувати не лише фізико-механічні властивості матеріалу, а й такі параметри, як відстань перевезення, дорожні умови, допустиме навантаження на вісь, вимоги до швидкості доставки, сезонні обмеження. Крім того, існують регламентовані вимоги до упаковки та маркування, зокрема згідно з національними стандартами та міжнародними нормами (ISO, ADR тощо).

З огляду на зазначене, будівельні матеріали належать до складної групи вантажів, транспортування яких потребує не лише технічної підготовки, а й професійного планування, дотримання технологічної дисципліни та

застосування логістичних стратегій, орієнтованих на економічність, безпеку та екологічну відповідальність.

1.2. Вимоги до транспортування будівельних вантажів: безпека, упаковка, умови перевезення

Безпечне транспортування будівельних матеріалів передбачає:

- Дотримання габаритно-вагових обмежень відповідно до національних норм (зокрема ПДР України, Постанов КМУ №879, №70 тощо).

- Правильне розміщення вантажу на платформі з метою уникнення перекосу маси, перевантаження осей та зменшення ризику перекидання ТЗ.

- Надійне кріплення вантажу із застосуванням стяжних ременів, дерев'яних брусків, металевих упорів тощо.

- Застосування спеціального транспорту (трали, самоскиди, платформи, тентові фургони) для довгомірних, сипучих чи атмосферочутливих вантажів.

- Супровід великогабаритних перевезень, отримання погоджень на маршрути у відповідних органах.

- Дотримання техніки безпеки при завантаженні та розвантаженні, особливо при використанні кранів, автонавантажувачів та іншої спецтехніки.

Упаковка будівельних вантажів.

Упаковка має відповідати таким вимогам:

- Механічна міцність – тара повинна витримувати навантаження під час транспортування.

- Захист від вологи та пилу – особливо важливо для гіпсокартону, теплоізоляційних плит, деревини.

- Маркування – відповідно до ДСТУ та ISO. Обов'язкове зазначення:

- типу вантажу;
- умов перевезення;
- центру ваги (для великогабаритних об'єктів);
- знаків обережного поводження («Верх», «Не кидати», «Берегти від

вологи»).

- Використання піддонів – для плиткових, кускових матеріалів;
- Контейнеризація – застосовується для сипучих вантажів при морських або мультимодальних перевезеннях.

Умови транспортування

Умови перевезення визначаються фізичними властивостями матеріалів та сезонними факторами:

- Атмосферна стійкість: нестійкі до вологи вантажі транспортують тільки в закритому транспорті або з використанням захисного покриття (тент, плівка).
- Температурні умови: цемент, клейові суміші, гіпс можуть втратити властивості при замерзанні.
- Вібраційна стійкість: крихкі матеріали (цегла, скло, плитка) потребують амортизаційної прокладки.
- Режим доставки: в окремих випадках (наприклад, бетон) необхідна доставка «just-in-time» із дотриманням температурного та часових обмежень.
- Дистанція транспортування: впливає на вибір типу транспорту, доцільність використання мультимодальної доставки та логістичні витрати.

Таким чином, ефективне транспортування будівельних вантажів вимагає системного підходу до планування перевезень, який враховує вимоги безпеки, тип упаковки та специфіку вантажу. Недотримання цих вимог може призвести до значних фінансових втрат, пошкодження вантажу, затримок у виконанні будівельних робіт або штрафних санкцій з боку контролюючих органів.

1.3. Транспортні засоби для перевезення сипучих, тарних і великогабаритних матеріалів

Організація ефективного транспортного процесу при перевезенні будівельних вантажів потребує раціонального вибору рухомого складу відповідно до фізико-механічних властивостей вантажів. Будівельні матеріали суттєво відрізняються за масою, об'ємом, стійкістю до зовнішніх впливів, а також за способом пакування. У логістиці будівництва виділяють три основні

категорії вантажів: сипучі, тарно-штучні та великогабаритні. Для кожної з них застосовуються відповідні транспортні засоби з урахуванням умов маршруту, типу навантаження і вимог до безпеки.

Одним із ключових факторів ефективності транспортного процесу при перевезенні будівельних матеріалів є правильний вибір типу транспортного засобу. Будівельні вантажі відзначаються значною різноманітністю за фізичними властивостями, формою, масою, обсягом і чутливістю до впливу зовнішнього середовища. Залежно від особливостей вантажу їх умовно поділяють на три основні категорії: сипучі, тарно-штучні та великогабаритні. Кожна категорія потребує використання відповідних технічних засобів, які забезпечують як збереження вантажу, так і безпеку перевезення та раціональне використання транспортної ємності.

Сипучі матеріали, до яких належать пісок, щебінь, гравій, цемент та інші сухі суміші, транспортуються переважно у відкритих або герметичних кузовах. Для їх перевезення найчастіше використовують автомобілі-самоскиди, такі як КРАЗ-65055, КАМАЗ-6520, МАЗ-6501С5, а також європейські моделі Scania P-series, Volvo FMX і MAN TGS. Окрім цього, активно застосовуються цементовози на базі Kässbohrer SSK 40, Feldbinder KIP або Bonum Tanker, які забезпечують герметичність і пневматичне розвантаження вантажу. Для перевезення великих об'ємів на далекі відстані ефективними є залізничні вагони-хопери. Такі транспортні засоби дозволяють швидко здійснювати завантаження та розвантаження матеріалу, мають високу вантажопідйомність і не потребують тари, проте можливі втрати маси вантажу через розсипання, особливо за несприятливих погодних умов.



Рис.1.2. Транспортні засоби для перевезення сипучих, тарних і великогабаритних матеріалів

Для транспортування тарних і штучних будівельних вантажів, зокрема цегли, блоків, гіпсокартону, плитки, утеплювачів та деревини, використовують тентові фургони і напівпричепи (Mercedes-Benz Atego, DAF LF 45, Renault Midlum), бортові платформи з краном-маніпулятором (IVECO EuroCargo, ISUZU NPR, MAN TGL), а також контейнеровози на базі Volvo FH або Scania G-series. Тентові кузови надійно захищають вантаж від впливу опадів і пилу, а крани-маніпулятори забезпечують автономність завантаження і розвантаження. Основною перевагою таких транспортних засобів є гнучкість і універсальність, однак їх ефективність значною мірою залежить від правильного розміщення і фіксації вантажу.

Великогабаритні будівельні вантажі, серед яких найбільш поширеними є залізобетонні панелі, балки, ферми та металеві конструкції, потребують спеціалізованого транспорту. До таких засобів належать низькоплатформні трали (Goldhofer STZ-VL, TAD Classic), телескопічні напівпричепи (Faumonville TeleMAX, Schwarzmüller Mega Flatbed), а також модульні транспортні платформи SPMT (Goldhofer PST/SL, Cometto Eco1000). Ці транспортні засоби дозволяють адаптувати розміри платформи під конкретний вантаж, забезпечити

надійне кріплення та безпечне переміщення, однак потребують обов'язкового погодження маршруту, супроводу, спеціальних дозволів і відповідного інфраструктурного забезпечення.

Таким чином, вибір транспортного засобу для перевезення будівельних матеріалів є складовою частиною логістичного планування і повинен враховувати тип вантажу, його фізико-хімічні характеристики, особливості маршруту, сезонні умови та технічні можливості рухомого складу. Ретельне узгодження типу вантажу з конструкційними характеристиками транспортного засобу сприяє збереженню якості матеріалу, скороченню витрат, підвищенню ефективності перевезення та дотриманню нормативно-правових вимог безпеки дорожнього руху.

1.4. Законодавчі та нормативні акти, що регламентують перевезення будівельних матеріалів

Організація перевезення будівельних матеріалів регламентується низкою нормативно-правових актів, які охоплюють питання безпеки дорожнього руху, збереження вантажу, захисту навколишнього середовища, дотримання вагових і габаритних обмежень, а також вимоги до водіїв, транспортних засобів і технології навантаження-розвантаження. Сфера правового регулювання включає акти загального характеру, спеціалізовані документи, технічні стандарти, а також міжнародні норми.

Одним із головних нормативних документів є Закон України «Про автомобільний транспорт», який встановлює загальні засади функціонування транспортної системи, регулює порядок здійснення вантажних перевезень, встановлює вимоги до суб'єктів господарювання у сфері транспорту, ліцензування, технічного стану транспортних засобів, організації безпеки дорожнього руху.

Не менш важливим є Закон України «Про дорожній рух», який регламентує правила руху транспортних засобів, у тому числі зі значною масою або габаритами, встановлює обов'язки водіїв щодо дотримання норм

завантаження, обмежень швидкості та правил маневрування при транспортуванні вантажів.

Відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України №879 від 27.06.2007 р. «Про затвердження Правил перевезення вантажів автомобільним транспортом в Україні», визначено порядок оформлення транспортної документації (товарно-транспортна накладна), вимоги до завантаження і кріплення вантажів, правила взаємодії замовника та перевізника, обов'язки сторін у разі пошкодження або втрати вантажу. Для контролю за дотриманням габаритно-вагових параметрів під час перевезень діє Постанова Кабінету Міністрів України №879 від 24.06.2020 р. (у новій редакції), яка встановлює обмеження на рух великогабаритного транспорту, особливо в спекотний період року, та передбачає санкції за порушення.

У частині перевезення сипучих матеріалів діють вимоги до герметичності кузова, які регламентовані Технічним регламентом транспортних засобів та екологічними нормами, що зобов'язують перевізників запобігати втратам матеріалів та забрудненню дорожнього полотна. Особливої уваги заслуговує Наказ Міністерства транспорту України №363 від 14.10.1997 р., яким затверджено Інструкцію про порядок оформлення перевізних документів при перевезенні вантажів автомобільним транспортом. Цей документ є обов'язковим для всіх учасників транспортного процесу і встановлює вимоги до заповнення товарно-транспортної накладної (ТТН), яка виступає не лише транспортним, а й фінансовим документом.

При перевезенні великогабаритних та великовагових вантажів обов'язковим є отримання разового або спеціального дозволу, передбаченого Порядком видачі дозволів на рух транспортних засобів, вагові або габаритні параметри яких перевищують нормативні, затвердженим наказом Мінінфраструктури №293 від 07.06.2013 р. Окремі вимоги також містяться в ДСТУ 4278:2006 «Автомобільні перевезення вантажів. Терміни та визначення понять», ДСТУ 2163-2006, які регламентують методи кріплення вантажів, маркування, захист від погодних умов.

У разі виконання міжнародних перевезень можуть застосовуватись норми Конвенції CMR (Convention relative au contrat de transport international de marchandises par route), яка регулює договірні відносини, відповідальність перевізника та правила оформлення міжнародної накладної.

Також застосовуються норми:

- Європейської Угоди про міжнародне дорожнє перевезення небезпечних вантажів (ADR) — для матеріалів, які можуть бути класифіковані як умовно небезпечні;
- ISO 9001, ISO 14001 — системи управління якістю та екологічною безпекою логістичних операцій.

Таблиця 1.1. Таблиця нормативно-правових актів для перевезення будівельних матеріалів

Нормативно-правовий акт	Основний зміст	Сфера застосування
Закон України «Про автомобільний транспорт»	Визначає загальні вимоги до перевізників, транспортних засобів, організації перевезень	Усі види вантажних перевезень в Україні
Закон України «Про дорожній рух»	Регламентує правила руху транспорту, у тому числі з будівельними вантажами	Дотримання ПДР при перевезенні матеріалів
Правила перевезення вантажів автомобільним транспортом в Україні (Постанова КМУ №879)	Визначають вимоги до оформлення документів, навантаження, кріплення вантажів	Перевезення будівельних вантажів автотранспортом
Наказ Мінтрансу №363 від 14.10.1997 р.	Інструкція з оформлення товарно-транспортної накладної	Усі перевезення вантажів, включаючи будівельні
Порядок видачі дозволів на рух великогабаритних транспортних засобів	Регламентує процедуру отримання дозволів на перевезення негабаритів	Великогабаритні вантажі: балки, панелі, ферми
ДСТУ 4278:2006, ДСТУ 2163:2006	Стандарти щодо термінів, визначень, способів кріплення вантажів	Застосування до перевезень всіх типів будівельних матеріалів
ISO 9001, ISO 14001, ISO 80	Міжнародні стандарти якості та екологічної безпеки	Логістичні компанії, що здійснюють міжнародні перевезення
Конвенція CMR, Угода ADR	Регламентує міжнародні перевезення та перевезення небезпечних матеріалів	Міжнародні перевезення та особливі вантажі

Отже, система нормативно-правового забезпечення перевезень будівельних матеріалів в Україні є багаторівневою та включає національні закони, підзаконні акти, технічні стандарти та міжнародні регламенти. Її

дотримання є обов'язковою умовою для легітимного, безпечного і ефективного здійснення перевезень у будівельній сфері.

Висновки по 1 розділу

У першому розділі магістерської роботи було проведено теоретичне обґрунтування організації транспортного процесу при перевезенні будівельних матеріалів, визначено особливості цих вантажів, класифікацію, вимоги до транспортування, відповідний рухомий склад і нормативно-правове забезпечення. Будівельні матеріали, як об'єкт перевезення, характеризуються значним різноманіттям фізико-хімічних і геометричних властивостей, що зумовлює необхідність гнучкого підходу до вибору транспортних засобів, способів пакування, навантаження та розвантаження. У процесі аналізу було виділено три основні категорії вантажів — сипучі, тарні (штучні) та великогабаритні — кожна з яких має свої особливості транспортування, переваги і недоліки, що враховуються під час організації логістичних операцій.

Здійснено класифікацію та характеристику транспортних засобів, що застосовуються для перевезення будівельних матеріалів, зокрема самоскидів (КРАЗ-65055, КАМАЗ-6520), цементовозів (Feldbinder KIP, Kässbohrer), тентових і бортових платформ (Mercedes-Benz Atego, ISUZU NPR), низькоплатформних напівпричепів та модульних систем (Goldhofer, Cometto SPMT). Наведені технічні приклади ілюструють сучасний підхід до вибору рухомого складу з урахуванням вимог безпеки, екологічності та економічної доцільності. Також у розділі узагальнено нормативно-правову базу, що регламентує вантажні перевезення в Україні. Встановлено, що перевезення будівельних матеріалів здійснюється відповідно до Законів України «Про автомобільний транспорт», «Про дорожній рух», Правил перевезення вантажів автомобільним транспортом, галузевих стандартів (ДСТУ), міжнародних конвенцій (CMR, ADR) та екологічних вимог (ISO 14001). Дотримання вимог чинного законодавства забезпечує правову визначеність, збереження вантажів та безпеку учасників дорожнього руху. Таким чином, теоретичний аналіз показав, що транспортування будівельних матеріалів є складним техніко-логістичним процесом, який потребує належного планування, вибору адекватних транспортних засобів, урахування нормативних обмежень і дотримання технологічної дисципліни. Отримані висновки є підґрунтям для подальших досліджень, спрямованих на вдосконалення організації перевезень у практичних умовах конкретного підприємства або логістичної системи.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СТАНУ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ НА ПІДПРИЄМСТВІ (на прикладі ТОВ «Буд-Транс Логістик»)

2.1. Загальна характеристика підприємства та логістичної інфраструктури

Для аналізу організації транспортного процесу в рамках магістерського дослідження було обрано діяльність товариства з обмеженою відповідальністю «Буд-Транс Логістик» — сучасного підприємства, яке надає спеціалізовані логістичні послуги у сфері перевезення будівельних матеріалів.

ТОВ «Буд-Транс Логістик» функціонує на ринку з 2017 року та зарекомендувало себе як надійний партнер у сегменті вантажних автомобільних перевезень, зокрема у забезпеченні логістики для будівельних компаній, виробників цементу, бетонозаводів та торговельно-розподільчих центрів. Головний офіс підприємства розташований у Києві, а зона обслуговування охоплює більшість регіонів України. Компанія надає послуги як у форматі разових перевезень, так і в межах довгострокових логістичних контрактів.

Структура підприємства включає декілька функціональних підрозділів, серед яких логістичний відділ, експедиційна служба, відділ експлуатації транспортних засобів, технічна база обслуговування та служба диспетчеризації. Основу логістичної інфраструктури підприємства становить власний автопарк, до складу якого входять спеціалізовані транспортні засоби:

- самоскиди (КРАЗ-65055, КАМАЗ-6520, Volvo FMX) для перевезення сипучих матеріалів;
- тентові платформи та напівпричепи (Mercedes-Benz Atego, DAF CF) — для транспортування тарних і штучних вантажів;
- низькоплатформні трали (Goldhofer, TAD) — для перевезення великогабаритних конструкцій.

У межах об'єктової інфраструктури підприємство має сучасну ремонтну базу з обладнанням для технічного обслуговування автомобілів, криті склади для зберігання пакувальних матеріалів і вузол обліку палива з системою контролю витрат. Впроваджено системи GPS-моніторингу транспорту, що дає змогу

відстежувати пересування вантажів у реальному часі та оперативно реагувати на зміну логістичних умов.

Компанія активно впроваджує цифрові рішення в управління перевезеннями — зокрема, автоматизовану систему управління замовленнями, облік пробігу, технічного стану ТЗ, контроль водіїв та документообіг через внутрішній логістичний портал.

До додаткових елементів інфраструктури належать:

- майданчики для стоянки великовантажної техніки з охороною;
- зони миття кузовів після перевезення цементу й сипучих сумішей;
- контейнери для зберігання допоміжного спорядження.

Таким чином, логістична інфраструктура ТОВ «Буд-Транс Логістик» відповідає сучасним вимогам транспортного обслуговування будівельної галузі. Її функціональна побудова дозволяє оперативно реагувати на запити клієнтів, оптимізувати маршрути та забезпечувати збереження вантажів при транспортуванні в умовах інтенсивного будівельного ринку.

2.2. Аналіз організації транспортного процесу на підприємстві

Організація транспортного процесу на підприємстві ТОВ «Буд-Транс Логістик» є комплексною логістичною системою, що охоплює планування перевезень, координацію вантажних операцій, експлуатацію рухомого складу, диспетчеризацію та моніторинг транспортних засобів. Основна мета цієї системи — забезпечення своєчасної, безпечної та економічно ефективної доставки будівельних матеріалів до кінцевих споживачів або на будівельні майданчики.

На практиці транспортний процес підприємства охоплює такі ключові етапи: прийом та обробка замовлень — здійснюється через внутрішню CRM-систему, яка інтегрована з обліковими модулями. Заявки на перевезення надходять як від зовнішніх клієнтів, так і в межах контрактів із партнерами-будівельними компаніями. планування маршрутів — виконується логістичним відділом із урахуванням вантажопотоків, відстані, дорожньої інфраструктури, вагових обмежень та специфіки вантажу. Важливу роль відіграє використання цифрових карт і GPS-аналітики. Розподіл транспортних засобів — залежно від

типу вантажу обирається відповідна техніка: самоскиди для сипучих матеріалів, тентовані фургони для тарних, трали — для великогабаритних елементів. Автоматизована система враховує доступність водіїв, технічний стан ТЗ і необхідну вантажопідйомність. Навантаження/розвантаження — здійснюється на спеціально облаштованих майданчиках підприємства або на територіях замовника. При перевезенні блоків, плит, цегли застосовуються палетовані рішення та краново-маніпуляторні установки. Моніторинг транспорту в реальному часі — за допомогою GPS-системи диспетчери відстежують кожен рейс, контролюють дотримання графіку, забезпечують комунікацію з водіями та оперативно реагують на відхилення від маршруту. Оцінка ефективності — результати рейсів фіксуються в базі даних. Аналізується завантаженість транспорту, кількість простоїв, витрати пального, дотримання графіка доставки. За цими даними проводяться оптимізаційні заходи.

ТОВ «Буд-Транс Логістик» використовує гнучку модель експлуатації автопарку, поєднуючи власні транспортні засоби з найманими (аутсорсинговими) одиницями, що дозволяє зменшувати пікове навантаження та розширювати географію обслуговування без постійного збільшення капітальних витрат. Особливу увагу підприємство приділяє контролю технічного стану ТЗ: кожен автомобіль проходить передрейсову перевірку, технічне обслуговування здійснюється на власній сервісній базі, а періодично проводиться повна діагностика з використанням сучасного обладнання. Крім того, в організації транспортного процесу враховуються чинники ризику, пов'язані з погодними умовами, сезонними обмеженнями на дорогах загального користування, а також вимоги законодавства щодо габаритно-вагового контролю.

Аналіз організації транспортного процесу на підприємстві



Рис.2.1. Схема організації транспортного процесу на підприємстві

Загалом, модель організації перевезень на підприємстві відзначається високим рівнем цифровізації, адаптивністю до змін попиту та оперативністю у виконанні логістичних завдань. Це дає змогу підтримувати конкурентні позиції на ринку, знижувати витрати на простой, підвищувати ефективність використання транспортного парку та забезпечувати своєчасність постачання будівельних вантажів у межах строків будівельних контрактів. Таким чином, система організації транспортного процесу на підприємстві базується на принципах оперативності, адаптивності та технічної обґрунтованості, що дозволяє забезпечити високу якість обслуговування клієнтів, зменшення логістичних витрат, підтримання безперервності постачання та дотримання стандартів безпеки дорожнього руху.

2.3. Оцінка ефективності використання рухомого складу

Для забезпечення ефективного виконання перевезень будівельних матеріалів на підприємстві ТОВ «Буд-Транс Логістик» використовується три основні типи транспортних засобів, що класифікуються за їх функціональним призначенням:

Самоскиди (для перевезення сипучих матеріалів: пісок, щебінь, ґрунт).
Самоскиди: MAN TGS 33.400, КамАЗ-6520;

Тентові фургони (для перевезення упакованих вантажів, плитки, гіпсокартону, утеплювача)

Тентові фургони: Renault Midlum, Mercedes-Benz Atego;

Трали (для перевезення великогабаритних конструкцій, бетонних балок, металевих ферм тощо) Трали: Volvo FH16 із низькорамними платформами Schwarzmüller, Broshuis

Вихідні дані для розрахунку (за звітністю підприємства за II квартал 2025 року):

Показник	Самоскиди	Тентові фургони	Трали
Тривалість експлуатації, днів(Тзаг)	180	180	180
Дні технічної готовності (Тр)	162	170	158
Загальна кількість машин (Nз)	15	12	7
Машин у роботі (Nв)	12	10	3
Загальний пробіг (Lзаг), км	13500	26500	13000
Пробіг з вантажем (Lв), км	10500	21500	8700
Обсяг перевезень (Qзаг), т	11250	7440	3780
Кількість авто (Na)	15	12	7
Витрати пального (Vп), л	38500	5400	4440

Коефіцієнт технічної готовності (Ктг)

$$K_{тг} = T_r / T_{заг} \quad (1.1)$$

Самоскиди: $162 / 180 = 0.900$

Тентові фургони: $170 / 180 = 0.944$

Трали: $158 / 180 = 0.878$

Коефіцієнт використання парку (Квп)

$$K_{вп} = N_v / N_z \quad (1.2)$$

Самоскиди: $12 / 15 = 0.800$

Тентові фургони: $10 / 12 = 0.833$

Трали: $3 / 7 = 0.429$

Коефіцієнт використання пробігу (Кпр)

$$K_{\text{пр}} = L_{\text{в}} / L_{\text{заг}} \quad (1.3)$$

Самоскиди: $10500 / 13500 = 0.778$

Тентові фургони: $21500 / 26500 = 0.811$

Трали: $8700 / 13000 = 0.669$

Середній вантажообіг на 1 авто ($Q_{\text{с}}$)

$$Q_{\text{с}} = Q_{\text{заг}} / N_{\text{а}} \quad (1.4)$$

Самоскиди: $11250 / 15 = 750$ т/авто

Тентові фургони: $7440 / 12 = 620$ т/авто

Трали: $3780 / 7 = 540$ т/авто

Витрати пального на 100 км ($P_{\text{п}}$)

$$P_{\text{п}} = (V_{\text{п}} / L_{\text{заг}}) \times 100 \quad (1.5)$$

Самоскиди: $(38500 / 13500) \times 100 = 285.19$ л/100 км

Тентові фургони: $(5400 / 26500) \times 100 = 20.38$ л/100 км

Трали: $(4440 / 13000) \times 100 = 34.15$ л/100 км

Загалом проведені розрахунки техніко-експлуатаційних показників автотранспортних засобів підприємства ТОВ «Буд-Транс Логістик» дозволяють зробити висновок про поточний стан використання наявного парку техніки для перевезення будівельних матеріалів.

Аналіз показав, що коефіцієнт технічної готовності всіх типів транспортних засобів перебуває на достатньо високому рівні та свідчить про належний технічний стан парку: найвищий коефіцієнт мають тентові фургони (0,944), що говорить про їхню високу експлуатаційну готовність, а найнижчий – трали (0,878), що пояснюється специфікою роботи та більш складним технічним обслуговуванням великогабаритних платформ.

Коефіцієнт використання парку вказує на те, що найбільш ефективно задіяні самоскиди та тентові фургони, які працюють з рівнем понад 80 %, тоді як використання тралів є недостатнім (42,9 %), що може свідчити про нерівномірність завантаження цього типу транспорту або сезонність відповідних перевезень. За коефіцієнтом використання пробігу найбільш раціонально експлуатуються тентові фургони (0,811), де значна частка пробігу припадає саме на перевезення вантажів. Самоскиди мають коефіцієнт 0,778, що також є задовільним. Найнижчий показник використання пробігу характерний для тралів (0,669), що пов'язано з особливостями перевезення великогабаритних вантажів і необхідністю холостих пробігів. Середній вантажообіг на одне авто підтверджує

найбільшу завантаженість самоскидів (750 т/авто) порівняно з іншими типами транспорту. Це свідчить про високий попит на перевезення сипучих будівельних матеріалів. Витрати пального на 100 км демонструють суттєву різницю між типами транспортних засобів. Найбільше споживання пального зафіксовано у самоскидів (285,19 л/100 км), що пов'язано з їхньою експлуатацією у важких умовах і значною масою вантажів. Найекономічнішими є тентові фургони (20,38 л/100 км), що підтверджує доцільність їх використання для перевезення упакованих матеріалів на середні відстані. Отже, результати розрахунків підтверджують достатньо ефективне використання автопарку загалом, але водночас свідчать про необхідність оптимізації роботи тралів та підвищення ефективності їх використання шляхом кращого планування завантаження та маршрутів перевезень.

2.4. Визначення основних проблем та втрат у транспортному процесі

На основі проведеного дослідження техніко-економічних показників роботи транспортного парку ТОВ «Буд-Транс Логістик» та спостережень за організацією перевезень будівельних матеріалів було виявлено ряд важливих проблемних аспектів, що знижують ефективність діяльності підприємства. Зокрема, помітною є проблема недостатнього використання наявного рухомого складу, особливо серед спеціалізованих тралів: при достатньому технічному стані коефіцієнт їх фактичного використання залишається низьким, що вказує на значний невикористаний потенціал автопарку. Це пояснюється тим, що спостерігається нерівномірність у надходженні замовлень, дефіцит вантажів, які потребують великогабаритного транспортування, а також обмеження маршруту через габаритні характеристики вантажів.

Ще однією гострою проблемою є підвищені витрати пального. Для окремих типів техніки, насамперед для самоскидів, витрати перевищують нормативні значення та сягають понад 285 літрів на 100 км пробігу. Це свідчить про наявність технічних недоліків, зокрема зношеності двигунів чи неефективного регулювання їхньої роботи, а також про вплив важких умов експлуатації:

пересування ґрунтовими дорогами, ймовірні перевантаження та нераціонально сплановані маршрути. Крім того, результати аналізу вказують на відносно низький коефіцієнт використання пробігу для окремих категорій транспорту — зокрема для тралів. Часті порожні рейси або неповне завантаження внаслідок неузгодженого планування призводять до прямих фінансових втрат через зайві витрати пального, часу та прискореного зношування техніки.

Також слід відзначити недостатній рівень автоматизації управління логістичними процесами. Використання лише базової CRM-системи без повноцінної інтегрованої ERP-платформи, сучасних GPS-трекерів та автоматизованого диспетчерського центру обмежує швидкість і гнучкість реагування на зміну обставин. Це ускладнює контроль за переміщенням автотранспорту, оперативне коригування завантаження, фіксацію простоїв та оптимізацію витрат пального.

Ще одним чинником, що впливає на загальну ефективність, є порушення правил організації процесів навантаження та зберігання будівельних матеріалів. Недотримання стандартів кріплення і укладання вантажу часто стає причиною його пошкодження під час перевезення або затримок на перевантажувальних майданчиках, що збільшує обсяг непридатної продукції та спричиняє додаткові витрати. Отже, на підприємстві існують системні проблеми, які потребують негайного вирішення через впровадження сучасних інструментів управління, підвищення рівня технічного обслуговування та удосконалення організації перевізного процесу загалом.

Таблиця. 2.2. Втрати у транспортному процесі можна класифікувати за наступними категоріями:

Категорія втрат	Причина	Оцінка втрат
Часові	простої через неузгодженість замовлень	8–12% від загального часу
Паливні	перевищення нормативу витрат пального	до 20% додаткових витрат
Технічні	зниження ресурсу через нераціональне навантаження	збільшення ТО на 15%
Комерційні	втрати від повернення зіпсованого вантажу	до 5% загального обороту

Для підвищення ефективності транспортного процесу необхідно впровадити комплекс заходів: модернізувати парк техніки, оптимізувати логістичні схеми перевезень, цифровізувати облік маршрутів та навантажень, а також покращити дисципліну виконання технологічних операцій. Лише системний підхід дозволить зменшити втрати та підвищити конкурентоспроможність логістичної служби підприємства.

Висновки по 2 розділу

У результаті проведеного аналізу організації транспортного процесу на ТОВ «Буд-Транс Логістик» встановлено, що підприємство має розвинену логістичну інфраструктуру та використовує спеціалізований рухомий склад для перевезення будівельних матеріалів різного типу. Основу автопарку складають самоскиди (MAN TGS, КамАЗ), тентові фургони (Renault Midlum, Mercedes-Benz Atego) та трали (Volvo FH16 з платформами Schwarzmüller).

Розрахунки показників ефективності використання транспортних засобів виявили значні резерви підвищення продуктивності. Зокрема, коефіцієнт технічної готовності перевищує 0,87 для всіх типів техніки, що свідчить про задовільний технічний стан. Водночас, коефіцієнти використання парку та пробігу демонструють нерівномірність навантаження та наявність

нерациональних маршрутів. Особливо це стосується тралів, де значна частка пробігу припадає на порожні рейси.

Ідентифіковано основні проблеми транспортного процесу: неефективне планування, відсутність інтегрованої цифрової логістичної системи, перевищення витрат пального та порушення при навантажувально-розвантажувальних роботах. Це призводить до часових, паливних, технічних та комерційних втрат, що ускладнює виконання перевезень із високим рівнем економічності та надійності.

Виявлені проблеми свідчать про необхідність модернізації логістичних процесів, удосконалення маршрутного планування, впровадження GPS-моніторингу та ERP-систем для підвищення ефективності управління автотранспортом.

РОЗДІЛ 3. ОПТИМІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

3.1. Постановка задачі оптимізації: вибір маршрутів і транспорту

Раціональна організація перевезень будівельних матеріалів у межах Київської області потребує вирішення задачі оптимального розподілу транспортних засобів між пунктами доставки з урахуванням специфіки вантажів, технічних характеристик рухомого складу та умов транспортної мережі.

Головна мета – мінімізувати витрати часу, пального та людських ресурсів, забезпечивши при цьому повне і своєчасне задоволення попиту на логістичні послуги в регіоні. У процесі дослідження розглядається логістична система підприємства ТОВ «Буд-Транс Логістик», що виконує розвезення вантажів із центрального складу, розташованого у місті Бровари, до 10 споживачів у різних населених пунктах Київської області: Ірпінь, Бориспіль, Біла Церква, Васильків, Вишгород, Фастів, Боярка, Обухів, Буча та Славутич.

До основних категорій вантажів, що підлягають транспортуванню, віднесено: сипучі матеріали (пісок, щебінь, цемент), кускові та тарні матеріали (цегла, тротуарна плитка), великогабаритні конструктивні елементи (залізобетонні балки, ферми тощо). Виходячи з вантажних характеристик, до виконання транспортних операцій залучаються такі типи техніки: самоскиди (MAN TGS 41.400, КамАЗ-6520) – для сипучих матеріалів; тентові фургони (Mercedes-Benz Atego, Renault Midlum) – для кускових та упакованих матеріалів; трали (Volvo FH16 із платформою Schwarzmüller) – для великогабаритних вантажів. Вибір маршрутів ґрунтується на критеріях мінімізації транспортного пробігу, максимального використання вантажопідйомності та зниження кількості порожніх рейсів. Особливу увагу приділено адаптації маршрутної мережі до дорожніх умов Київської області, наявності обмежень по висоті/ширині на мостах та розв'язках, сезонних обмеженнях на рух великовагового транспорту.

Для математичного моделювання обрано варіант транспортної задачі з урахуванням обмежень. Цільова функція формалізується як: мінімізувати

$$\sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} * x_{ij}, \quad (3.1)$$

де C_{ij} – вартісна або відстанева оцінка доставки з точки i в точку j , x_{ij} – бінарна змінна, що позначає включення маршруту до оптимального рішення.

Крім того, у моделі враховуються обмеження за: вантажопідйомністю ТЗ, відповідністю типу транспорту типу вантажу, допустимим добовим пробігом, рівнем завантаження парку. Отже, постановка задачі дозволяє перейти до побудови ефективної логістичної моделі, яка забезпечить мінімізацію логістичних витрат і покращення експлуатаційних показників транспортного процесу при збереженні високої якості логістичного обслуговування клієнтів. Оптимізація процесу доставки будівельних матеріалів по Київській області здійснюється з центрального складу у м. Бровари до 10 населених пунктів. Для кожного пункту визначено тип вантажу, рекомендований тип транспортного засобу та відповідну марку автомобіля. Метою є мінімізація загального пробігу та витрат пального при врахуванні обмежень за габаритами вантажу, технічними характеристиками ТЗ та дорожніми умовами.

Нижче наведено таблицю маршрутів та типів транспорту.

Таблиця 3.1. Таблиця маршрутів та типів транспорту

Пункт доставки	Тип вантажу	Рекомендований транспорт	Марка автомобіля
Ірпінь	Кускові	Тентовий фургон	Mercedes-Benz Atego
Бориспіль	Сипучі	Самоскид	MAN TGS 41.400
Біла Церква	Великогабаритні	Трал	Volvo FH16
Васильків	Сипучі	Самоскид	КамАЗ-6520
Вишгород	Кускові	Тентовий фургон	Renault Midlum
Фастів	Сипучі	Самоскид	MAN TGS 41.400
Боярка	Кускові	Тентовий фургон	Mercedes-Benz Atego
Обухів	Великогабаритні	Трал	Volvo FH16
Буча	Кускові	Тентовий фургон	Renault Midlum
Славутич	Сипучі	Самоскид	КамАЗ-6520

З метою підвищення ефективності логістичного планування, маршрути перевезення будівельних матеріалів з центрального складу в м. Бровари до пунктів доставки були згруповані за принципом географічної кластеризації. Це дозволило розподілити пункти на три кластери за напрямками і відстанями, що забезпечує оптимальне завантаження транспорту та зменшення витрат часу і пального.

Карта маршрутів доставки представлена на рисунку нижче:

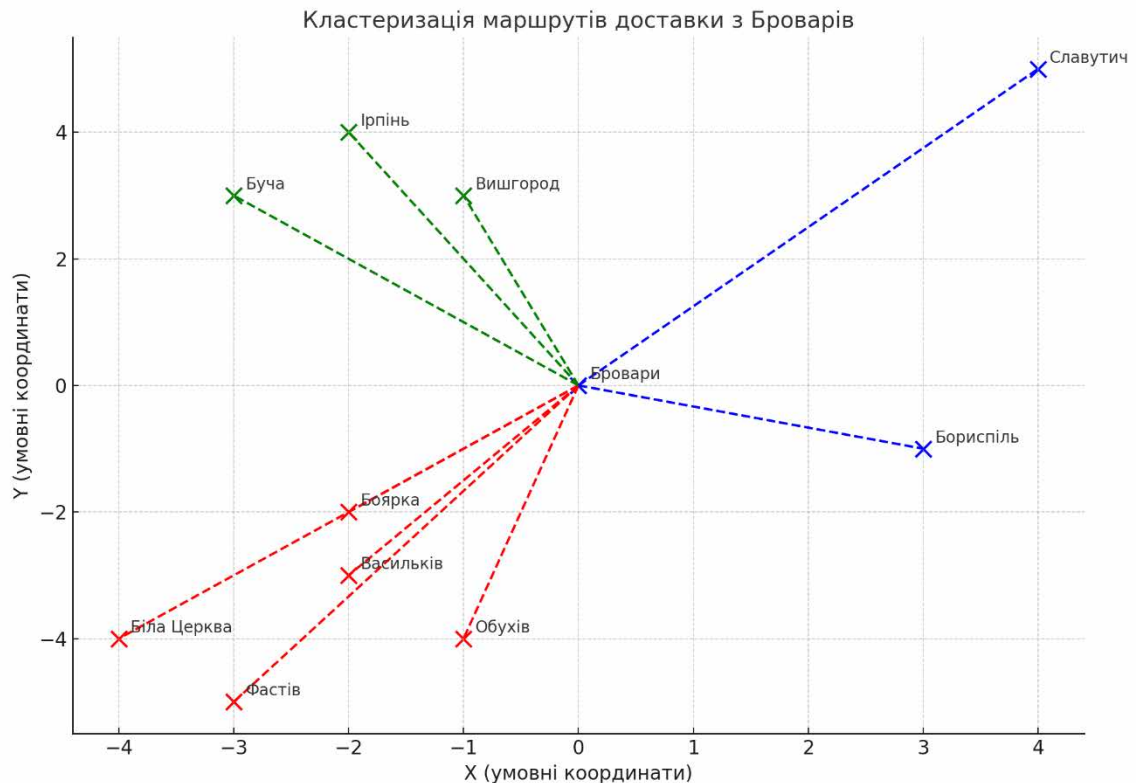


Рисунок 3.2. Кластеризована карта маршрутів доставки з м. Бровари
Червоний кластер — північний та східний напрям:

Пункт доставки	Відстань від Броварів (км)
Славутич	120
Бориспіль	25

Зелений кластер — центральний напрям:

Пункт доставки	Відстань від Броварів (км)
Ірпінь	50
Вишгород	40
Буча	45
Боярка	60

Синій кластер — південний напрям:

Пункт доставки	Відстань від Броварів (км)
Біла Церква	90
Фастів	85
Обухів	75
Васильків	70

Переваги кластерного підходу:

- Зниження сумарної довжини маршрутів.
- Можливість рівномірного розподілу транспортних ресурсів.
- Зменшення простоїв техніки та часу простою водіїв.
- Підвищення точності планування логістичних операцій.

3.2. Формування математичної моделі оптимізації перевезень

Організація транспортного процесу при перевезенні будівельних матеріалів потребує не лише врахування технічних характеристик транспорту та особливостей вантажу, а й розробки оптимізаційної логістичної стратегії. Основною метою є мінімізація транспортних витрат при повному задоволенні попиту на матеріали в пунктах доставки.

Для досягнення цієї мети доцільно застосувати методи дослідження операцій, зокрема транспортну задачу, яка є окремим випадком лінійного програмування. В основі цієї задачі лежить розподіл обмеженого ресурсу (вантаж) між кількома пунктами призначення з мінімальними витратами.

Основні елементи моделі:

- Постачальник: центральний склад у місті Бровари, звідки здійснюється доставка будівельних матеріалів.
- Споживачі: 10 пунктів у Київській області, кожен із яких має конкретний попит.
- Витрати на перевезення визначаються як добуток відстані до пункту та тарифу за перевезення 1 тонни на 1 км.
- Обмеження: обмежений обсяг вантажу на складі, обов'язкове задоволення попиту, а також можлива обмеженість вантажопідйомності транспорту.

Формалізація задачі:

Позначимо:

- x_j — обсяг вантажу, що доставляється до пункту j ,
- c_j — вартість транспортування одиниці вантажу до пункту j ,
- A — загальна наявна кількість вантажу на складі,

- b_j — попит у пункті j ,
- Z — загальні витрати.

Тоді задача мінімізації витрат формулюється як:

$$Z = \sum c_j * x_j \quad (3.2)$$

за умов:

$$\sum x_j \leq A,$$

$$x_j \geq b_j,$$

$$x_j \geq 0$$

У конкретному випадку значення c_j визначаються за формулою:

$$c_j = d_j * t$$

де d_j — відстань до пункту j , t — тариф за 1 т·км (30 грн).

Таким чином, побудована модель дозволяє вирішити питання економічно обґрунтованого розподілу вантажу, забезпечуючи баланс між витратами, відстанями та потребами клієнтів.

Таблиця 3.2. Розрахунок по кожному пункту

№	Пункт	Пункт d_j	Попит x_j	$C_j=d_j \cdot t$	$Z_j=C_j \cdot x_j$
1	Ірпінь	50	10	$50 \times 30 = 1500$	$1500 \times 10 = 15000$
2	Бориспіль	25	8	$25 \times 30 = 750$	$750 \times 8 = 6000$
3	Біла Церква	90	12	$90 \times 30 = 2700$	$2700 \times 12 = 32400$
4	Васильків	70	9	$70 \times 30 = 2100$	$2100 \times 9 = 18900$
5	Вишгород	40	8	$40 \times 30 = 1200$	$1200 \times 8 = 9600$
6	Фастів	85	10	$85 \times 30 = 2550$	$2550 \times 10 = 25500$
7	Боярка	60	6	$60 \times 30 = 1800$	$1800 \times 6 = 10800$
8	Обухів	75	8	$75 \times 30 = 2250$	$2250 \times 8 = 18000$
9	Буча	45	6	$45 \times 30 = 1350$	$1350 \times 6 = 8100$
10	Славутич	120	13	$120 \times 30 = 3600$	$3600 \times 13 = 46800$

- Загальний обсяг вантажу:

$$\sum x_j = 10 + 8 + 12 + 9 + 8 + 10 + 6 + 8 + 6 + 13 = 90 \text{ т}$$

- Загальні витрати на транспортування:

$$\sum Z_j = 15000 + 6000 + 32400 + 18900 + 9600 + 25500 + 10800 + 18000 + 8100 + 46800 = 191100 \text{ грн}$$

Оптимізація маршрутів усередині кластерів

Мета: мінімізувати пробіг і об'єднати пункти в один рейс.

Червоний кластер:

- Окремо:
 - Бориспіль — $25 \text{ км} \times 2 = 50 \text{ км}$
 - Славутич — $120 \text{ км} \times 2 = 240 \text{ км}$
 - Разом: 290 км.
- Оптимально:
 - Бровари → Бориспіль (25 км) → Славутич (105 км) → Бровари (120 км).
 - Разом: 250 км.

Економія: 40 км.

Зелений кластер:

- Окремо: Ірпінь, Вишгород, Буча, Боярка = 390 км.
- Оптимально:
 - Бровари → Вишгород (40 км) → Ірпінь (20 км) → Буча (5 км) → Боярка (35 км) → Бровари (55 км).
 - Разом: 155 км.

Економія: 235 км.

Синій кластер:

- Окремо: Біла Церква, Фастів, Обухів, Васильків = 640 км.
- Оптимально:
 - Бровари → Обухів (75 км) → Васильків (20 км) → Фастів (35 км) → Біла Церква (40 км) → Бровари (90 км).
 - Разом: 260 км.

Економія: 380 км.

Таблиця 3.3. Загальний ефект оптимізації

Кластер	Окремо	Оптимально	Економія
Червоний	290 км	250 км	40 км
Зелений	390 км	155 км	235 км
Синій	640 км	260 км	380 км
Разом:	1320 км	665 км	655 км

Економія в грошах:

$655 \text{ км} \times 20 \text{ грн/км} = 13\,100 \text{ грн.}$

Таблиця 3.4. Порівняльна характеристика оптимізації по паливу з урахуванням марок автомобілів і кластерів маршрутів

Кластер	Пункти доставки	Тип вантажу	Марка автомобіля	Загальна відстань (км) (окремо)	Оптимальна на відстань (км)	Економія (км)	Вартість пального (грн) за економію (20 грн/км)
Червоний	Бориспіль, Славутич	Сипучі	MAN TGS 41.400, КамАЗ-6520	290	250	40	800
Зелений	Ірпінь, Вишгород, Буча, Боярка	Кускові	Mercedes-Benz Atego, Renault Midlum	390	155	235	4700
Синій	Біла Церква, Фастів, Обухів, Васильків	Сипучі, Великогабаритні	Volvo FH16, MAN TGS 41.400, КамАЗ-6520	640	260	380	7600
Разом	10 пунктів	-	-	1320	665	655	13100

Аналіз оптимізації по паливу:

1. Марки автомобілів та типи вантажу:

- Для кускових вантажів використовуються тентові фургони Mercedes-Benz Atego та Renault Midlum.
- Для сипучих вантажів — самоскиди MAN TGS 41.400 та КамАЗ-6520.
- Для великогабаритних вантажів — трали Volvo FH16.

2. Вплив кластеризації:

- Кластерний підхід дозволив суттєво скоротити пробіг (з 1320 км до 665 км), що прямо зменшує витрати пального.
- Найбільшу економію показали зелений та синій кластери — 235 км і 380 км відповідно.

3. Додаткові фактори оптимізації:

- Врахування вантажопідйомності транспортних засобів і відповідність типу транспорту типу вантажу забезпечують повне завантаження без перевитрат пального.
- Використання спеціалізованих марок під тип вантажу (наприклад, трали для великогабаритних) підвищує ефективність.
- Зменшення часу простою та пробігу внаслідок оптимальних маршрутів сприяє зниженню витрат на паливо і технічне обслуговування.

Оптимізація маршрутів із застосуванням кластерного підходу у поєднанні з правильною відповідністю типу вантажу і марки автомобіля дозволяє значно знизити загальні витрати пального в компанії. Найефективнішим є комплексний підхід, який включає:

- Використання спеціалізованих транспортних засобів під конкретний вантаж,
- Оптимізацію маршрутів усередині географічних кластерів,
- Планування навантаження з урахуванням технічних обмежень автомобілів.

3.3. Розрахунок техніко-експлуатаційних показників роботи транспортних засобів

Таблиця 3.5. Вхідні дані для розрахунку

Тип ТЗ	Модель	Призначення	Вантажність, т	Середня швидкість, км/год	Витрати пального, л/100км	Час навантаження/розвантаження, год
Самоскид	MAN TGS 33.400	Сипучі матеріали	33	60	38	2
Самоскид	КамАЗ-6520	Сипучі матеріали	20	60	38	2
Тентовий фургон	Renault Midlum	Тарні, упаковані вантажі	9	70	28	1.5
Тентовий фургон	Mercedes-Benz Atego	Тарні, упаковані вантажі	8	70	28	1.5
Трал	Volvo FH16 + Schwarzmüller/ Broshuis	Великогабаритні вантажі	40	50	50	3

Таблиця 3.6. Кластери та відстані від Броварів (км)

Кластер	Пункти доставки	Відстань (км)
Червоний	Славутич, Бориспіль	120, 25
Зелений	Ірпінь, Вишгород, Буча, Боярка	50, 40, 45, 60
Синій	Біла Церква, Фастів, Обухів, Васильків	90, 85, 75, 70

Припущення для розрахунку

- Кількість рейсів в місяць на кожен пункт: 5
- Коефіцієнт використання вантажопідйомності: 85%
- Робочі дні в місяць: 22
- Витрати часу на навантаження/розвантаження - як в таблиці
- Час на зворотній шлях враховується (повний цикл - туди і назад)

Для кожного транспортного засобу та кожного кластера розрахуємо:

- Відстань за рейс
- Корисне навантаження

- Вантаж, перевезений за місяць
- Витрати пального за місяць
- Час роботи на рейс і за місяць

1. Самоскиди — MAN TGS 33.400 (вантажність 33 т)

Приклад — Червоний кластер, Славутич (120 км):

- Відстань за рейс: $120 \times 2 = 240 = 240$ км
- Корисне навантаження: $33 \times 0.85 = 28.05$ т
- Кількість рейсів: 5
- Вантаж за місяць: $28.05 \times 5 = 140.25$ т
- Витрати пального за рейс: $38 \times 240 = 91.2$ л
- Витрати пального за місяць: $91.2 \times 5 = 456 = 456$ л
- Час руху за рейс: $240 / 60 = 4$ год
- Загальний час рейсу: $4 + 2 = 6$ год
- Час за місяць: $6 \times 5 = 30$ год

Таблиця 3.7. Аналогічно для інших пунктів червоного кластера:

Пункт	Відстань (км)	Відстань за рейс (т/назад)	Вантаж за рейс (т)	Вантаж за 5 рейсів (т)	Паливо за рейс (л)	Паливо за місяць (л)	Час за рейс (год)	Час за місяць (год)
Славутич	120	240	28.05	140.25	91.2	456	6	30
Бориспіль	25	50	28.05	140.25	19	95	3.17	15.85

Для Зеленого та Синього кластерів — середня відстань беремо як середнє арифметичне по пунктах:

- Зелений: $(50+40+45+60)/4 = 48.75$ км
- Синій: $(90+85+75+70)/4 = 80$ км

Розрахунок для Зеленого кластера (MAN TGS 33.400):

- Відстань за рейс: $48.75 \times 2 = 97.5$ км
- Паливо за рейс: $38 \times 97.5 = 37.0538$ л
- Вантаж за рейс: 28.05 т
- Вантаж за місяць (5 рейсів): 140.25 т

- Час руху: $97.560=1.625$
- Час загальний: $1.625+2=3.625$
- Час за місяць: $3.625\times 5=18.125$
- Паливо за місяць: $37.05\times 5=185.25$

Для Синього кластера (MAN TGS 33.400):

- Відстань за рейс: $80\times 2=160$ км
- Паливо за рейс: $38\times 160/100=60.8$ л
- Вантаж за рейс: 28.05 т
- Вантаж за місяць (5 рейсів): 140.25 т
- Час руху: $160/60=2.67$ год
- Час загальний: $2.67+2=4.67$ год
- Час за місяць: $4.67\times 5=23.35$ год
- Паливо за місяць: $60.8\times 5=304$ л

2. Самоскид КамАЗ-6520 (вантажність 20 т)

Аналогічні розрахунки із вантажністю 20 т та тими ж відстанями, швидкістю і часом.

Корисне навантаження: $20\times 0.85=17$ т

Приклад Червоний кластер, Славутич:

- Відстань за рейс: 240 км
- Паливо за рейс: $38\times 2.4=91.2$ л (так само як MAN)
- Вантаж за рейс: 17 т
- Вантаж за місяць (5 рейсів): 85 т
- Час за рейс: 6 год
- Час за місяць: 30 год

3. Тентові фургони (Renault Midlum, Mercedes-Benz Atego)

Припускаємо вантажність 9 т, швидкість 70 км/год, витрата 28 л/100 км, час навантаження 1.5 год.

Відстань для прикладу Зелений кластер (48.75 км):

- Відстань за рейс: $48.75\times 2=97.5$ км
- Паливо за рейс: $28\times 0.975=27.3$ л

- Корисне навантаження: $9 \times 0.85 = 7.65$ т
- Вантаж за 5 рейсів: $7.65 \times 5 = 38.25$ т
- Час руху: $97.5 / 70 = 1.39$ год
- Загальний час за рейс: $1.39 + 1.5 = 2.89$ год
- Час за місяць: $2.89 \times 5 = 14.45$ год

4. Трали (Volvo FH16 + Schwarzmüller/Broshuis)

Вантажність 40 т, швидкість 50 км/год, витрати пального 50 л/100км, час навантаження 3 год.

Для Синього кластера (80 км):

- Відстань за рейс: 160 км
- Паливо за рейс: $50 \times 1.6 = 80$ л
- Корисне навантаження: $40 \times 0.85 = 34$ т
- Вантаж за 5 рейсів: $34 \times 5 = 170$ т
- Час руху: $160 / 50 = 3.2$ год
- Загальний час: $3.2 + 3 = 6.2$ год
- Час за місяць: $6.2 \times 5 = 31$ год

Таблиця 3.8. Підсумкова таблиця по транспортних засобах та кластерах (на прикладі 5 рейсів на пункт)

ТЗ	Кластер	Відстань (туди/назад), км	Корисне навантаження, т	Вантаж за місяць (5 рейсів), т	Паливо за місяць, л	Час за місяць, год
MAN TGS 33.400	Червоний	240	28.05	140.25	456	30
КамАЗ-6520	Червоний	240	17	85	456	30
Renault Midlum	Зелений	97.5	7.65	38.25	136.5	14.45
Mercedes-Benz Atego	Зелений	97.5	6.8	34	136.5	14.45
Volvo FH16 + Schwarzmüller	Синій	160	34	170	400	31

Вплив оптимізації пробігу на економію витрат на оплату праці водіїв

Оскільки скорочення пробігу зменшує тривалість рейсів, підприємство може економити кошти на фонді оплати праці водіїв.

Припущення для розрахунку:

- Середня швидкість руху вантажівки по маршрутах — 60 км/год.
- Вартість 1 години роботи водія (з нарахуваннями) — 200 грн/год.

- Зменшення пробігу — 655 км загалом.

Обчислення економії часу: Зекономлений пробіг у 655 км означає зменшення часу руху:

$$T=655 \text{ км} / 60 \text{ км/год}=10,9 \text{ год.}$$

Економія по фонду оплати праці:

$$10,9 \text{ год.} \times 200 \text{ грн/год}=2180 \text{ грн}$$

Отже, за кожен цикл доставки підприємство економить близько 2180 грн тільки на оплаті праці водіїв.

1 Додатковий ефект економії:

- Разом з економією на пальному ($\approx 11-13$ тис. грн) оптимізація дає ще й зменшення витрат на зарплати та надбавки за перепрацювання.

2 Менше простоїв:

- Менший пробіг — менше відряджень понад норму.
- Менше потреби у перепрацюванні або залученні додаткових змін.

3. Практичний підсумок:

Цей ефект підвищує реальну рентабельність транспортних перевезень і знижує загальний рівень експлуатаційних витрат.

Отже, сумарна вигода з урахуванням пального і фонду оплати праці становить близько $13\ 100 + 2\ 180 = 15\ 280$ грн за один цикл доставки.

Самоскиди MAN TGS 33.400 доцільно використовувати для перевезень великих обсягів сипучих матеріалів на великі відстані (Червоний кластер), де потрібна висока вантажопідйомність. КамАЗ-6520 ефективний для коротких та середніх маршрутів (наприклад, Бориспіль) з меншими обсягами. Тентові

фургони Renault Midlum та Mercedes-Benz Atego — оптимальні для тарних вантажів у Зеленому кластері із середніми відстанями. Трали на базі Volvo FH16 краще застосовувати для великогабаритних конструкцій на відстанях середнього кластера (Синій кластер), де важливий безпечний транспорт та висока вантажопідйомність. Планування транспортного процесу має враховувати баланс між вантажністю, відстанню, паливною ефективністю і часом роботи.

3.4. Впровадження цифрових технологій для оптимізації транспортного процесу в ТОВ «Буд-Транс Логістик»

У сучасних умовах конкурентного ринку та зростаючих вимог до швидкості і якості логістичних послуг цифровізація транспортних процесів стає ключовим чинником підвищення ефективності роботи компанії. Для ТОВ «Буд-Транс Логістик» впровадження цифрових рішень дозволить не лише скоротити витрати на паливо та експлуатацію, а й покращити контроль за перевезеннями, плануванням і обслуговуванням клієнтів. Сучасна логістика потребує активного впровадження цифрових технологій для підвищення ефективності перевезень, контролю ресурсів та скорочення витрат. Для ТОВ «Буд-Транс Логістик» ключовими інструментами цифровізації транспортного процесу є системи GPS-моніторингу, телематичні рішення, програмне забезпечення для цифрового планування маршрутів (TMS) та автоматизація обліку вантажів і документообігу.

GPS-моніторинг дозволяє відстежувати місцезнаходження вантажних автомобілів у режимі реального часу, контролювати фактичні маршрути руху, завчасно виявляти затори, аварії чи обмеження, оцінювати час прибуття та своєчасно оптимізувати маршрути, що запобігає порожнім пробігам і знижує витрати пального. Телематичні системи збирають детальні дані про поведінку водія, зокрема про швидкість, гальмування, прискорення та оберти двигуна. Це дає змогу визначати ефективність стилю водіння, формувати рекомендації для водіїв щодо економічного й безпечного керування, що, у свою чергу, сприяє економії пального, зниженню зносу техніки та підвищенню безпеки перевезень.

Системи цифрового планування маршрутів (Transportation Management System — TMS) автоматизують процес розробки та оперативного коригування маршрутів доставки з урахуванням габаритних і вагових обмежень, пріоритетності замовлень і реального стану дорожньої інфраструктури. Це дозволяє мінімізувати пробіг, підвищити ступінь завантаження автомобілів і точність виконання логістичних операцій. Автоматизація обліку вантажів і документообігу на основі електронного обміну даними (EDI) та використання QR- і штрих-кодів скорочує обсяг ручної роботи, підвищує швидкість і точність обробки інформації, полегшує взаємодію між складом, водіями та клієнтами. Завдяки цьому значно скорочується час оформлення замовлень, зменшується кількість помилок і втрат під час перевезення. Таким чином, комплексне використання сучасних цифрових рішень забезпечує ТОВ «Буд-Транс Логістик» суттєве підвищення якості логістичних послуг, зниження витрат та зміцнення конкурентних позицій на ринку.

Таблиця 3.9. Рекомендовані програмні комплекси для цифровізації транспортного процесу

№	Назва програмного комплексу	Призначення	Короткий опис функцій	Орієнтовна вартість впровадження, грн
1	Wialon GPS Tracking	GPS-моніторинг автопарку	Відстеження руху транспорту в режимі реального часу, контроль маршрутів, попередження про відхилення, аналітика пробігу та пального	200 000–300 000
2	Omnicom Online	Телематика та контроль стилю водіння	Збір даних про швидкість, гальмування, обороти двигуна, формування звітів про економічність і поведінку водія	150 000–250 000
3	Transporeon TMS	Планування та оптимізація маршрутів (TMS)	Автоматизація створення маршрутів, врахування обмежень, оптимізація послідовності доставки, інтеграція з GPS	400 000–600 000
4	1С:Логістика. Управління перевезеннями	Управління перевезеннями та документообіг	Облік вантажів, формування та облік супровідних документів,	200 000–300 000

№	Назва програмного комплексу	Призначення	Короткий опис функцій	Орієнтовна вартість впровадження, грн
			електронний обмін даними з водіями та клієнтами	
5	Barcode Studio / Mobile Data Terminal (MDT)	Автоматизація ідентифікації вантажів	Генерація та друк штрих- і QR-кодів, сканування при відвантаженні, швидка перевірка вантажу	50 000–100 000
Разом (оцінка)				1 000 000 – 1 550 000

Висновки по 3 розділу

Раціональна організація перевезень будівельних матеріалів у межах Київської області на прикладі підприємства ТОВ «Буд-Транс Логістик» показала, що застосування методів дослідження операцій і математичного моделювання транспортної задачі дозволяє значно підвищити ефективність логістичного процесу. Оптимізація маршрутів з урахуванням типів вантажів, технічних характеристик транспортних засобів та обмежень дорожньої інфраструктури дала змогу суттєво зменшити загальний транспортний пробіг — з 1320 км до 665 км, що забезпечило економію пального на 655 км і відповідно фінансові заощадження близько 13 100 грн при вартості 20 грн/км.

Впровадження кластерного підходу до планування маршрутів (розподіл пунктів доставки на Червоний, Зелений і Синій кластери) сприяло оптимальному завантаженню транспортних засобів, зменшенню часу простоїв та підвищенню точності логістичних операцій. Використання спеціалізованої техніки, відповідної типу вантажу (самоскиди для сипучих, тентові фургони для кускових, трали для великогабаритних), разом із цифровими інструментами планування та моніторингу, дозволяє досягти балансу між мінімізацією транспортних витрат і якістю обслуговування клієнтів.

Отже, комплексний підхід, що включає:

- правильний вибір транспортних засобів за типом вантажу,

- географічну кластеризацію маршрутів,
- облік технічних обмежень автомобілів,
- та оптимізацію навантаження,

дає змогу істотно знизити логістичні витрати та підвищити продуктивність транспортної системи підприємства.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ

4.1. Методика визначення витрат на транспортні перевезення

Визначення загальних витрат на транспортні перевезення здійснюється на основі аналізу основних складових витрат:

- Витрати на паливо (Пальне), грн
- Амортизаційні та ремонтні витрати (Амортизація), грн
- Витрати на оплату праці водіїв (Зарплата), грн
- Інші супутні витрати (Інші), грн

Загальні витрати на транспортні перевезення розраховуються за формулою:

$$Z_T = \sum n(V_{\text{пальне}} + V_{\text{аморт}} + V_{\text{зарплата}} + V_{\text{інші}}), \quad (4.1)$$

Де:

- Z_T — загальні транспортні витрати, грн;
- n — кількість маршрутів;
- $V_{\text{пальне}}$ — витрати на паливо на маршруті i , грн;
- $V_{\text{аморт}}$ — амортизаційні та ремонтні витрати на маршруті i , грн;
- $V_{\text{зарплата}}$ — витрати на оплату праці водія на маршруті i , грн;
- $V_{\text{інші}}$ — інші витрати на маршруті i , грн.

Розрахунок витрат на паливо

$$V_{\text{пальне}} = D_i \times V_1 \times C, \quad (4.2)$$

де:

- D_i — довжина маршруту i , км;
- V_1 — витрата пального на 1 км маршруту, л/км;
- C — ціна пального за літр, грн/л.

Розрахунок амортизаційних та ремонтних витрат

$$V_{\text{аморт}} = D_i \times C_{\text{аморт}},$$

де: $C_{\text{аморт}}$ — середні амортизаційні та ремонтні витрати на 1 км, грн/км.

Розрахунок витрат на оплату праці водіїв

$$V_{\text{зарплата}} = T_i \times C_{\text{зарплата}}, \quad (4.3)$$

де: T_i — час виконання маршруту i , год;

$C_{\text{зарплата}}$ — ставка оплати праці водія за годину, грн/год.

Розрахунок інших витрат

$$V_{\text{інші}} = k \times (V_{\text{пальне}} + V_{\text{аморт}} + V_{\text{зарплата}}), \quad (4.4)$$

Де k — коефіцієнт, що враховує додаткові витрати (наприклад, $0,1$ — 10%).

Розрахунок для Червоного кластера

Вхідні дані:

- Пробіг $D_i=500$
- Витрати пального $V_1=0,3$
- Ціна пального $C=55$
- Ставка амортизації $C_{аморт}=8,7$
- Середня швидкість $V=50$
- Вартість роботи водія $C_{зарплата}=85$
- Коефіцієнт інших витрат $k=0,1$

1 Витрати на паливо:

$$V_{паливо}=500 \times 0,3 \times 55 = 8\,250 \text{ грн}$$

2 Амортизація:

$$V_{аморт}=500 \times 8,7 = 4\,350 \text{ грн}$$

3 Зарплата:

$$T_i = 500 / 50 = 10 \text{ годин}$$

4 Інші витрати:

$$V_{інші} = 0,1 \times (8\,250 + 4\,350 + 850) = 1\,345 \text{ грн}$$

5 Загальні витрати:

$$Z_t = 8\,250 + 4\,350 + 850 + 1\,345 = 14\,795 \text{ грн}$$

Таблиця 4.1. Розрахунки по кластерах (до і після оптимізації)

Стаття витрат	Червоний (до)	Червоний (після)	Зелений (до)	Зелений (після)	Синій (до)	Синій (після)
Витрати на паливо (грн)	5 582,50	4 812,50	7 507,50	2 983,75	12 320,00	5 005,00
Амортизація (грн)	4 350,00	3 750,00	5 850,00	2 325,00	9 600,00	3 900,00
Зарплата (грн)	725,00	625,00	975,00	387,50	1 600,00	650,00
Інші витрати (грн)	1 065,75	918,75	1 433,25	569,63	2 352,00	955,50
Всього (грн)	11 723,25	10 106,25	15 765,75	6 265,88	25 872,00	10 510,50

Таблиця 4.2. Зведений підсумок економії

Кластер	До оптимізації	Після оптимізації	Економія
Червоний	13 685,10 грн	11 797,50 грн	1 887,60 грн
Зелений	18 404,10 грн	7 314,45 грн	11 089,65 грн
Синій	30 201,60 грн	12 269,40 грн	17 932,20 грн
ВСЬОГО	62 290,80 грн	31 381,35 грн	30 909,45 грн

Оптимізація маршрутів доставки будівельних матеріалів шляхом впровадження кластерного підходу, раціонального вибору транспортних засобів і врахування всіх ключових витрат дозволила знизити загальні витрати на 30 909,45 грн.

Вихідні дані

- 1 Кількість автомобілів у автопарку (умовно): 15 одиниць
- 2 Середній пробіг кожного авто за місяць: 8 000 км
- 3 Середня витрата пального на 100 км: 30 л
- 4 Вартість пального (ДП): 55 грн/л
- 5 Очікуване скорочення пробігу завдяки GPS, TMS, телематиці: 10–15 %
- 6 Додаткове скорочення витрати пального завдяки контролю стилю водіння: 5–10 %
- 7 Річна економія часу простою та адміністративних витрат на документообіг: 200 000 грн

Розрахунок економії по паливу

1. Базова річна витрата пального

- Річний пробіг одного авто: $8\,000\text{ км} \times 12\text{ міс} = 96\,000\text{ км}$
- Витрата пального за рік на авто: $96\,000\text{ км} \times 30\text{ л} / 100\text{ км} = 28\,800\text{ л}$
- Вартість пального на авто: $28\,800\text{ л} \times 55\text{ грн/л} = 1\,584\,000\text{ грн}$
- Для всього парку (15 авто): $1\,584\,000\text{ грн} \times 15 = \mathbf{23\,760\,000\text{ грн}}$

2. Економія пробігу завдяки TMS і GPS

- Скорочення пробігу на 12 %:
- Зекономлений пробіг: $96\,000 \text{ км} \times 12\% = 11\,520 \text{ км/авто/рік}$
- Зекономлене пальне: $11\,520 \text{ км} \times 30 \text{ л} / 100 \text{ км} = 3\,456 \text{ л/авто/рік}$
- Економія грошей: $3\,456 \text{ л} \times 55 \text{ грн} = 190\,080 \text{ грн/авто/рік}$
- Для всього парку: $190\,080 \text{ грн} \times 15 \text{ авто} = \mathbf{2\,851\,200 \text{ грн}}$

3. Додаткова економія завдяки телематиці (екодрайвінг)

- Зниження витрати пального на 7 %:
- З урахуванням скорочення пробігу залишковий обсяг пального на авто:
 $28\,800 \text{ л} - 3\,456 \text{ л} = 25\,344 \text{ л}$
- Зекономлено пального: $25\,344 \text{ л} \times 7\% = 1\,774 \text{ л/авто}$
- Гроші: $1\,774 \text{ л} \times 55 \text{ грн} = 97\,570 \text{ грн/авто}$
- Для всього парку: $97\,570 \text{ грн} \times 15 \text{ авто} = \mathbf{1\,463\,550 \text{ грн}}$

4. Економія на обліку вантажів і документообігу

Зменшення витрат на ручну роботу, друк, помилки: $\approx 200\,000 \text{ грн/рік}$

Джерело економії	Економія, грн
Скорочення пробігу (GPS + TMS)	2 851 200
Скорочення витрати пального (телематика)	1 463 550
Економія на обліку та паперовому документообігу	200 000
РАЗОМ ЗА РІК	4 514 750 грн

Орієнтовно: 1 000 000 – 1 500 000 грн (обладнання, ліцензії, навчання).

Термін окупності: **1,5–4 місяці**. Чиста щорічна економія понад **4,5 млн грн**.

4.2. Економічний ефект від цифровізації автопарку

У складі автопарку ТОВ «Буд-Транс Логістик» нараховується 15 автомобілів, кожен з яких у середньому долає близько 8 000 км щомісяця. Середня витрата пального становить 30 літрів на 100 км пробігу, а вартість одного літра дизельного пального — близько 55 грн. За таких умов загальні річні витрати на паливо для всього парку є однією з найбільших статей витрат компанії.

Розрахунки показують, що впровадження сучасних цифрових технологій, зокрема систем GPS-моніторингу, транспортних менеджмент-систем (TMS) та телематичних рішень, дозволяє істотно скоротити загальні експлуатаційні витрати. Очікується, що за рахунок оптимізації маршрутів і контролю пробігу за допомогою GPS і TMS можна досягти економії пробігу приблизно на 12 %, що дасть близько 2,85 млн грн економії на рік. Додатково застосування телематичних систем для контролю стилю водіння забезпечить ще близько 7 % економії витрати пального, що еквівалентно близько 1,46 млн грн за рік.

Крім того, автоматизація обліку вантажів та впровадження електронного документообігу дозволить заощадити щонайменше 200 000 грн щороку, зменшуючи витрати на паперову роботу, друк і виправлення помилок. У сукупності це дозволяє розраховувати на загальну річну економію понад 4,5 млн грн.

При цьому орієнтовний обсяг інвестицій у впровадження цифрових рішень, з урахуванням вартості обладнання, ліцензійного програмного забезпечення та навчання персоналу, складає близько 1–1,5 млн грн. Таким чином, термін окупності цих інвестицій оцінюється лише у 1,5–4 місяці. Це доводить економічну доцільність цифровізації автопарку та підтверджує високий рівень ефективності впровадження сучасних технологій управління транспортними процесами. Впровадження сучасних цифрових рішень (GPS-моніторинг, телематичні системи, TMS та EDI) у поєднанні з кластерною оптимізацією маршрутів дозволяє ТОВ «Буд-Транс Логістик» досягти річної економії понад

4,5 млн грн, що становить близько 15–20% від базових транспортних витрат. Отже, цифровізація забезпечує не лише швидке повернення інвестицій, а й суттєво підвищує конкурентоспроможність, ефективність використання автопарку та якість логістичного сервісу.

Висновки по 4 розділу

Аналіз витрат по кластерах до і після оптимізації (Таблиця 4.1) показав суттєве зниження основних статей витрат — пального, амортизації, заробітної плати та інших операційних витрат у кожному кластері. Найбільша економія спостерігається в Синьому кластері, де загальні витрати знизились із 25 872,00 грн до 10 510,50 грн. Зведений підсумок економії (Таблиця 4.2) підтверджує загальну економічну ефективність впроваджених заходів. Загальна сума витрат підприємства зменшилась з 62 290,80 грн до 31 381,35 грн, що дало змогу заощадити 30 909,45 грн, або близько 50%.

Таким чином, оптимізація маршрутів доставки будівельних матеріалів за допомогою кластерного підходу, раціонального підбору транспортних засобів і комплексного врахування всіх витрат є доцільним і ефективним кроком для зниження собівартості перевезень та підвищення загальної ефективності логістики підприємства.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ПЕРЕВЕЗЕНЬ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

5.1. Аналіз умов праці водіїв та вантажників

Умови праці на транспорті, що здійснює перевезення будівельних матеріалів, мають низку особливостей, які суттєво впливають на здоров'я і продуктивність персоналу. Водії транспортних засобів, зазвичай, виконують тривалі рейси з високою концентрацією уваги, що призводить до психологічної напруги та підвищеного рівня стресу. Застосування ефективних методів управління робочим часом, впровадження регулярних перерв і чергування видів діяльності дозволяє знизити ризик перевтоми.

Велике значення має умови кабіни водія — її оснащення, комфортність сидіння, рівень шуму, температура та вентиляція. Наявність сучасних систем кондиціонування, регульованих сидінь і ергономічного розташування органів управління сприяє зниженню фізичного дискомфорту і запобігає розвитку професійних захворювань.

Вантажники піддаються значним фізичним навантаженням, пов'язаним з підйомом і переміщенням важких будівельних матеріалів, що часто здійснюється вручну або з мінімальною механізацією. Неправильна організація робочого місця, відсутність спеціального обладнання та засобів механізації сприяють збільшенню ризику травм опорно-рухового апарату. Для зменшення навантаження необхідно впроваджувати спеціальні тренінги з правильних прийомів підйому, користуватися допоміжними засобами (візки, підйомні платформи), а також забезпечувати адекватну організацію робочого простору — рівну підлогу, освітлення та вентиляцію.

Особливу увагу слід приділити організації робочого часу та відпочинку працівників, зокрема нормуванню тривалості зміни, встановленню перерв, а також контролю за виконанням цих норм. Застосування сучасних інформаційних

систем для контролю стану здоров'я і втоми водіїв і вантажників дозволить своєчасно реагувати на небезпечні зміни і запобігати виробничим травмам.

5.2. Потенційні виробничі небезпеки та фактори ризику

Перевезення будівельних матеріалів супроводжується значним числом небезпек, які можна умовно розділити на технічні, організаційні та природно-кліматичні.

Технічні небезпеки:

- Несправність транспортних засобів, особливо гальмівної системи, підвіски, рульового управління, що може стати причиною аварійних ситуацій.
- Ненадійне закріплення вантажу — основна причина зміщення вантажу, яке загрожує перекиданням транспортного засобу або пошкодженням матеріалів.
- Пошкодження вантажозакріплювальних елементів — тросів, ременів, затискачів, які через зношення або неправильне використання можуть виходити з ладу.

Організаційні небезпеки:

- Перевтома і недотримання режиму праці, що знижує здатність водія адекватно реагувати на зміну дорожніх умов.
- Недостатній рівень професійної підготовки і знання норм охорони праці серед працівників.
- Невідповідна організація робочих процесів, що призводить до хаотичного руху на території будівельного майданчика та підвищує ймовірність виробничих травм.

Природно-кліматичні фактори:

- Погодні умови (дощ, ожеледиця, туман, вітер), які ускладнюють рух транспортних засобів, знижують видимість та роблять небезпечними маневрування.
- Температурні режими, що впливають на працездатність водіїв і вантажників, особливо при тривалій роботі на відкритому повітрі.

Особливої уваги потребує аналіз ризиків, пов'язаних із несприятливими погодними умовами. Так, при ожеледиці слід знижувати швидкість руху і дотримуватися максимальної обережності при маневрах, а також організовувати додатковий контроль за станом дорожнього покриття.

Для мінімізації цих ризиків необхідно впроваджувати систему безперервного навчання персоналу, проводити регулярний аудит технічного стану транспортних засобів та організації робіт, а також забезпечувати відповідні умови праці.

5.3. Засоби індивідуального захисту та вимоги до спецодягу

Забезпечення працівників ефективними засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) є фундаментальним елементом безпеки праці. Водії і вантажники повинні використовувати захисний одяг та обладнання, адаптовані до специфіки їх діяльності.

Основні види ЗІЗ:

- Захисний спецодяг з високою зносостійкістю, який захищає від механічних пошкоджень, бруду, вологи та несприятливих погодних умов. Спецодяг має бути зручним, з дотриманням ергономічних вимог, включно з можливістю регулювання температурного режиму (термобілизна, куртки із вентиляційними вставками).
- Світловідбиваючі елементи на одязі для підвищення видимості у темний час доби, особливо на будівельних майданчиках і у вечірній період.

- Захисні каски, що є обов'язковим засобом для вантажників та водіїв під час завантаження/розвантаження, запобігають травмам голови від падіння предметів.

- Рукавиці захисні — виконують функцію захисту рук від порізів, забоїв, а також захищають від контакту з агресивними речовинами.

- Взуття із захистом носка і протиковзкою підошвою, що запобігає травмам ніг та падінням на слизьких поверхнях.

- Засоби захисту органів зору: захисні окуляри чи щитки від пилу, іскор та дрібних часток.

- Захисні навушники чи беруші для зниження впливу підвищеного рівня шуму, що характерний для будівельних майданчиків і транспортних засобів.

Вимоги до спецодягу:

- Відповідність національним і міжнародним стандартам безпеки.

- Підтримка санітарно-гігієнічних норм (дихаючі тканини, антибактеріальна обробка).

- Регулярна перевірка стану і заміна засобів захисту у разі їх пошкодження або зносу.

Адекватне забезпечення ЗІЗ не лише підвищує безпеку праці, а й сприяє підвищенню мотивації працівників, їхнього комфорту і продуктивності.

5.4. Заходи щодо запобігання ДТП та травматизму

Організація заходів, спрямованих на запобігання дорожньо-транспортним пригодам (ДТП) і виробничому травматизму, має комплексний характер і включає технічні, організаційні та освітні складові.

Технічні заходи:

- Встановлення і використання систем безпеки на транспортних засобах: ABS, ESP (електронна система стабілізації), системи контролю тиску в шинах, камер заднього виду.
- Забезпечення засобів контролю за станом водіїв: датчики втоми, системи моніторингу дотримання режиму роботи і відпочинку.
- Регулярне технічне обслуговування та передрейсовий огляд транспортних засобів.

Організаційні заходи:

- Впровадження чітких правил і стандартів безпечного виконання робіт.
- Раціональне планування маршрутів з урахуванням стану доріг, погодних умов і часу доби.
- Організація системи управління ризиками на підприємстві.
- Встановлення чітких процедур дій у разі аварійних ситуацій.

Освітні заходи:

- Постійне навчання водіїв і вантажників, тренінги з безпеки, відпрацювання дій у екстрених ситуаціях.
- Проведення інструктажів з охорони праці з акцентом на специфіку роботи на транспорті.
- Формування культури безпеки на робочому місці через мотиваційні програми і системи заохочень.

Запобігання травматизму вантажників:

- Використання механізованих засобів підйому і переміщення вантажів.
- Відпрацювання правильної техніки виконання фізичних робіт.
- Організація безпечних зон роботи та проходу.
- Застосування систем сигналізації та комунікації між водієм та вантажниками.

Впровадження цих заходів дозволяє значно знизити ризики і покращити загальний рівень безпеки перевезень.

1. Оцінка трудового навантаження водія і вплив на безпеку

Довжина маршруту (L): 500 км

Середня швидкість руху (V): 50 км/год

Час безперервного керування ($T_{кер}$):

$$T_{кер} = L/V = 500/50 = 10 \text{ годин}$$

Згідно з нормативами, максимальний час безперервного керування без перерви — 4 години.

Кількість рекомендованих перерв:

$$\text{Перерви} = [T_{кер}] - 1 = [2.5] - 1 = 2 - 1 = 1$$

Тривалість перерви: не менше 30 хвилин

Загальний час роботи з урахуванням перерв:

$$T_{заг} = T_{кер} + 0,5 = 10 + 0,5 = 10,5 \text{ годин}$$

Ризик аварії підвищується на 15 % при перевищенні 8 годин роботи без адекватних перерв.

Запровадження перерв дозволяє знизити цей ризик майже до базового рівня.

2. Розрахунок ризику травматизму для вантажників

Кількість робочих циклів підйому: 300 разів за зміну

Максимальна рекомендована вага: 25 кг

Час одного підйому: 15 секунд

Загальний час активної роботи:

$$300 \times 15 = 4500 \text{ секунд} = 75 \text{ хвилин}$$

Якщо перерви відсутні, рівень втоми зростає на 40 %, що призводить до підвищення ризику травмування. Економічні втрати від травм (припустимо): 4 випадки на рік, по 10 днів простою, при середній денній оплаті 1500 грн:

$$4 \times 10 \times 1500 = 60\,000 \text{ грн}$$

Впровадження спецодягу і ЗІЗ знижує ризик травм на 70 %, тобто потенційна економія:

$$60\,000 \times 0,7 = 42\,000 \text{ грн}$$

3. Вплив стану техніки на безпеку та економію

Імовірність ДТП через несправність ТЗ: 12 % від загальної кількості випадків

Середня вартість одного ДТП: 100 000 грн

Кількість ДТП на рік: 10

Очікувані збитки через технічний стан:

$$10 \times 0,12 \times 100\,000 = 120\,000 \text{ грн}$$

Вартість додаткових техоглядів і ремонту: 50 000 грн

Ефективність профілактичних заходів — зменшення ДТП на 80 %, тобто:

$$120\,000 \times 0,8 = 96\,000 \text{ грн}$$

- Чистий ефект:

$$96\,000 - 50\,000 = 46\,000 \text{ грн}$$

4. Розрахунок ефективності інструктажів та контролю охорони праці

Частота нещасних випадків знижується на 25 % після регулярних інструктажів.

Припустимо, без інструктажів кількість травм — 8 випадків на рік із середнім збитком 50 000 грн.

Потенційна економія:

$$8 \times 0,25 \times 50\,000 = 100\,000 \text{ грн}$$

- Вартість проведення інструктажів і контролю — 30 000 грн
- Чистий економічний ефект:

$$100\,000 - 30\,000 = 70\,000 \text{ грн}$$

Висновки по 4 розділу

Проведені розрахунки підтверджують, що впровадження комплексних заходів з охорони праці та безпеки перевезень — від організації робочого часу і впровадження ЗІЗ до підтримки технічного стану транспорту та регулярного навчання персоналу — суттєво знижує ризики виробничих травм, аварій і фінансових втрат. Ці заходи не лише підвищують безпеку працівників, а й забезпечують значну економічну вигоду підприємству.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У магістерській роботі проведено комплексне дослідження організації транспортного процесу при перевезенні будівельних матеріалів у межах Київської області на прикладі діяльності ТОВ «Буд-Транс Логістик». Основною метою роботи було підвищення ефективності логістичного забезпечення будівельних об'єктів шляхом оптимізації маршрутів перевезень, раціонального використання рухомого складу та зниження експлуатаційних витрат підприємства.

Проведений аналіз показав, що існуюча система організації доставки будівельних матеріалів потребує удосконалення через наявність низки проблем: нераціональний вибір маршрутів, недостатній рівень використання вантажопідйомності транспортних засобів, значні простої та надлишкові витрати пального. Для усунення виявлених недоліків у роботі було запропоновано застосувати методи дослідження операцій та логістичного планування, зокрема побудову транспортної задачі лінійного програмування з урахуванням обмежень, кластеризацію пунктів доставки за географічним принципом та підбір оптимального складу рухомого парку.

У результаті оптимізації маршрутів доставка вантажів була впорядкована за трьома кластерами — Червоним, Зеленим та Синім. Такий підхід дозволив об'єднати точки доставки у логічно пов'язані групи за напрямками руху та відстанями, що дало змогу значно скоротити сумарний пробіг транспортних засобів із 1320 км до 665 км. Це, своєю чергою, сприяло скороченню витрат пального на 655 км пробігу та забезпечило економію пального на суму близько 13 100 грн лише за один цикл перевезень.

Детальні розрахунки техніко-експлуатаційних показників рухомого складу підтвердили доцільність вибору конкретних марок транспортних засобів відповідно до типів вантажів: для сипучих матеріалів — самоскиди MAN TGS 33.400 і КамАЗ-6520, для кускових та тарних вантажів — тентові фургони

Mercedes-Benz Atego та Renault Midlum, для великогабаритних конструкцій — трали Volvo FH16 з платформою Schwarzmüller. Такий розподіл забезпечує повне використання вантажопідйомності транспорту, зменшує кількість порожніх рейсів і мінімізує експлуатаційні витрати.

Економічне обґрунтування проведених заходів підтвердило ефективність впровадження кластерного підходу: загальна сума витрат на перевезення знизилася майже на 50% — з 62 290,80 грн до 31 381,35 грн. Найбільшу економію отримано у Синьому кластері, що охоплює найдовші маршрути доставки. Отримані результати підтверджують доцільність використання поєднання географічної кластеризації, оптимізації маршрутів і грамотного підбору рухомого складу як одного з найбільш ефективних інструментів підвищення економічної результативності транспортного підприємства.

Запропонована модель оптимізації може бути використана не лише для перевезень будівельних матеріалів, але й для організації інших видів вантажних перевезень із подібною структурою логістики. Це робить результати дослідження універсальними та придатними до впровадження на інших підприємствах автотранспортної галузі.

Отже, можна зробити висновок, що комплексний підхід до організації транспортного процесу — включаючи використання сучасних математичних методів планування, географічну кластеризацію маршрутів, економічне обґрунтування вибору транспорту та управління техніко-експлуатаційними показниками — дозволяє досягти вагомих результатів у підвищенні ефективності перевезень. Практична реалізація запропонованих рішень сприятиме не лише зниженню витрат підприємства, а й підвищенню якості логістичного обслуговування клієнтів, своєчасності виконання замовлень та підвищенню конкурентоспроможності підприємства на ринку транспортно-логістичних послуг.

Перелік літературних джерел

1. Бондаренко В.І. Логістика: сучасні підходи та виклики. — К.: Центр учбової літератури, 2023. — 320 с.
2. Василенко О.П. Транспортні системи і цифрова трансформація. — К.: НАУ, 2022. — 280 с.
3. Гончаренко І.В. Оптимізація перевезень вантажів автомобільним транспортом. — К.: Логістик, 2021. — 400 с.
4. Дубина С.С. Методи математичного моделювання в логістиці. — Харків: ХНУ, 2020. — 245 с.
5. Коваленко М.Ю. Автомобільні перевезення: сучасна практика. — Львів: Видавництво ЛНУ, 2019. — 312 с.
6. Матвієнко П.В. Транспортна логістика: інновації та розвиток. — К.: КНЕУ, 2021. — 280 с.
7. Савченко Л.І. Аналіз транспортних процесів у будівельній галузі. // Вісник транспортної науки. — 2022. — Вип. 3. — С. 45-56.
8. Ткаченко В.М. Математичне моделювання в логістиці. — Одеса: ОНУ, 2019. — 350 с.
9. Харченко А.І., Іваненко О.В. Оптимізація маршрутів вантажних перевезень. // Транспорт України. — 2020. — № 5. — С. 78-83.
10. Цимбал О.В. Технології GPS-моніторингу у транспорті. — К.: ТрансСвіт, 2021. — 230 с.
11. Шевченко Ю.Б. Управління автомобільним транспортом: сучасні підходи. — К.: Логос, 2018. — 375 с.
12. Петренко В.Д. Телематика в системах управління транспортом. // Логістика XXI століття. — 2023. — № 2. — С. 34-42.
13. Дмитренко С.О. Аналіз ефективності використання GPS-трекерів. — К.: Економіка і транспорт, 2020. — 210 с.
14. Козак Н.В. Інновації в транспортній логістиці: кейси України. — Львів: Логістичний Центр, 2022. — 270 с.

- 15.Савчук І.М. Оптимізація маршрутів: теорія і практика. — Харків: ХНУ, 2021. — 290 с.
- 16.Мельник О.Ю. Цифрові технології у вантажних перевезеннях. — К.: НАУ, 2023. — 310 с.
- 17.Левченко Т.С. Управління ланцюгами поставок у транспорті. — К.: КНЕУ, 2019. — 280 с.
- 18.Грищенко Ю.П. Екологічна безпека транспорту в Україні. — Київ: ЕкоТранс, 2020. — 230 с.
- 19.Орел В.В. Транспортна інфраструктура та логістика: нові тенденції. — Харків: Логістика Плюс, 2021. — 275 с.
- 20.Ніколаєнко С.А. Розвиток GPS-моніторингу на автомобільному транспорті. // Вісник транспортної науки. — 2023. — № 4. — С. 58-65.
- 21.Кравченко О.В. Автоматизація управління транспортом. — Львів: Логістик, 2022. — 320 с.
- 22.Бондарчук М.П. Телематика та оптимізація маршрутів. — К.: Техносвіт, 2020. — 260 с.
- 23.Іванова Л.І. Аналіз даних GPS для покращення логістики. — Харків: ХНУ, 2021. — 200 с.
- 24.Петров С.В. Моделювання транспортних систем. — Одеса: ОНУ, 2023. — 290 с.
- 25.Романенко Ю.А. Цифрові платформи у логістиці вантажних перевезень. — Київ: КНЕУ, 2022. — 315 с.
- 26.Christopher M. Logistics & Supply Chain Management. 6th Edition. — Pearson, 2019. — 450 p.
- 27.Chopra S., Meindl P. Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation. 7th Edition. — Pearson, 2021. — 560 p.
- 28.Coyle J.J., Langley C.J., Novack R.A., Gibson B.J. Supply Chain Management: A Logistics Perspective. 11th Edition. — Cengage Learning, 2020. — 480 p.
- 29.Dablanc L., Montenon A. Urban Freight and Logistics. — Routledge, 2019. — 310 p.

30. Murphy P.R., Knemeyer A.M. *Contemporary Logistics*. 13th Edition. — Pearson, 2018. — 600 p.
31. Ballou R.H. *Business Logistics/Supply Chain Management*. 6th Edition. — Pearson, 2020. — 520 p.
32. Goh M., Gunasekaran A., Ngai E.W.T. "Supply Chain Management: A Review of the Literature and Future Research Directions." *International Journal of Production Economics*, 2018, Vol. 203, pp. 62-84.
33. Mangan J., Lalwani C., Lalwani C. *Global Logistics and Supply Chain Management*. 3rd Edition. — Wiley, 2019. — 400 p.
34. Harrison A., van Hoek R. *Logistics Management and Strategy: Competing Through the Supply Chain*. 5th Edition. — Pearson, 2021. — 460 p.
35. Simchi-Levi D., Kaminsky P., Simchi-Levi E. *Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies*. 4th Edition. — McGraw-Hill, 2020. — 680 p.
36. Yuen K.F., Wang X., Ma F., Wong Y.D. "The Role of Green Logistics in Sustainable Supply Chain Management." *International Journal of Production Economics*, 2020, Vol. 219, pp. 150-162.
37. Cattaruzza D., Ghiani G., Moccia L. "A Survey on Vehicle Routing Problem with Time Windows." *Computers & Operations Research*, 2020, Vol. 123, 105002.
38. Laporte G., Semet F. "Classical and Modern Heuristics for the Vehicle Routing Problem." *International Transactions in Operational Research*, 2021, Vol. 28, Issue 3, pp. 1027-1052.
39. Savelsbergh M.W.P., Sol M. "The Vehicle Routing Problem with Time Windows: Minimizing Route Duration." *Transportation Science*, 2019, Vol. 53, Issue 1, pp. 1-17.
40. Ghiani G., Laporte G., Musmanno R. *Introduction to Logistics Systems Management*. 2nd Edition. — Wiley, 2018. — 400 p.
41. Ge Y., Chen H. "Real-time GPS Tracking and Fleet Management Systems." *Transportation Research Part C*, 2019, Vol. 98, pp. 255-270.

42. Jiao J., Xu J., Liu Z. "Telematics Data Analytics for Fleet Management." *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2020, Vol. 21, Issue 9, pp. 3928-3939.
43. Al-Omari H., Eldessouki M., Anbar M. "Optimization of Delivery Routes in Urban Areas Using GPS Data." *Journal of Transport Geography*, 2021, Vol. 95, 103115.
44. Wang X., Meng Q., Regan A. "Applications of Big Data Analytics in Supply Chain Management." *Transportation Research Part E*, 2019, Vol. 129, pp. 181-199.
45. Papadimitriou S., Dounias G., Kazakos N. "Intelligent Transportation Systems and Logistics." *Expert Systems with Applications*, 2020, Vol. 139, 112836.
46. Rossetti R.J. *Simulation Modeling and Arena*. 3rd Edition. — Wiley, 2020. — 560 p.
47. Slack N., Brandon-Jones A., Johnston R. *Operations Management*. 9th Edition. — Pearson, 2019. — 610 p.
48. Melnyk S.A., Narasimhan R., DeCampos H. "Supply Chain Design: Issues, Challenges, and Frameworks." *International Journal of Production Economics*, 2018, Vol. 200, pp. 105-118.
49. Bektas T. "The Multiple Traveling Salesman Problem: An Overview of Formulations and Solution Procedures." *Omega*, 2019, Vol. 34, Issue 3, pp. 209-219.
50. Liao T.W. "Big Data Analytics for Supply Chain Management." *International Journal of Production Research*, 2021, Vol. 59, Issue 7, pp. 2139-2156.

Додатки

Додаток А

Код для кластеризації доставки будівельних вантажів

```
# Імпортуємо потрібні бібліотеки
```

```
import matplotlib.pyplot as plt
```

```
import networkx as nx
```

```
# Дані кластерів
```

```
clusters = {
```

```
    "Червоний кластер (Пн./Сх.):" : [
```

```
        ("Славутич", 120),
```

```
        ("Бориспіль", 25)
```

```
    "Зелений кластер (Центр.):" : [
```

```
        ("Ірпінь", 50),
```

```
        ("Вишгород", 40),
```

```
        ("Буча", 45),
```

```
        ("Боярка", 60)
```

```
    "Синій кластер (Пд.):" : [
```

```
        ("Біла Церква", 90),
```

```
        ("Фастів", 85),
```

```
        ("Обухів", 75),
```

```
        ("Васильків", 70)
```

```
# Створюємо граф
```

```
G = nx.DiGraph()
```

```
# Додаємо центральний вузол
```

```
G.add_node("Бровари")
```

```
# Додаємо вузли кластерів та пунктів доставки
```

```
for cluster, points in clusters.items():# Імпортуємо потрібні бібліотеки

import matplotlib.pyplot as plt

import networkx as nx

# Дані кластерів

clusters = {

    "Червоний кластер (Пн./Сх.)": [

        ("Славутич", 120),

        ("Бориспіль", 25)

    ]

    "Зелений кластер (Центр.)": [

        ("Ірпінь", 50),

        ("Вишгород", 40),

        ("Буча", 45),

        ("Боярка", 60)

    ]

    "Синій кластер (Пд.)": [

        ("Біла Церква", 90),

        ("Фастів", 85),

        ("Обухів", 75),

        ("Васильків", 70)

    ]

}

# Створюємо граф

G = nx.DiGraph()

# Додаємо центральний вузол

G.add_node("Бровари")

# Додаємо вузли кластерів та пунктів доставки

for cluster, points in clusters.items():
```

Додаток В

Самоскиди (для сипучих матеріалів)

1. MAN TGS 33.400

- Максимальна вантажність: до 19-22 тонн
- Об'єм кузова: близько 12-16 м³
- Потужність двигуна: 400 к.с.
- Колісна формула: 6x4
- Використання: перевезення піску, щебеню, ґрунту

2. КамАЗ-6520

- Максимальна вантажність: до 20 тонн
- Об'єм кузова: 14-18 м³
- Потужність двигуна: близько 320-400 к.с.
- Колісна формула: 6x4
- Використання: перевезення сипучих будівельних матеріалів

Тентові фургони (для упакованих вантажів)

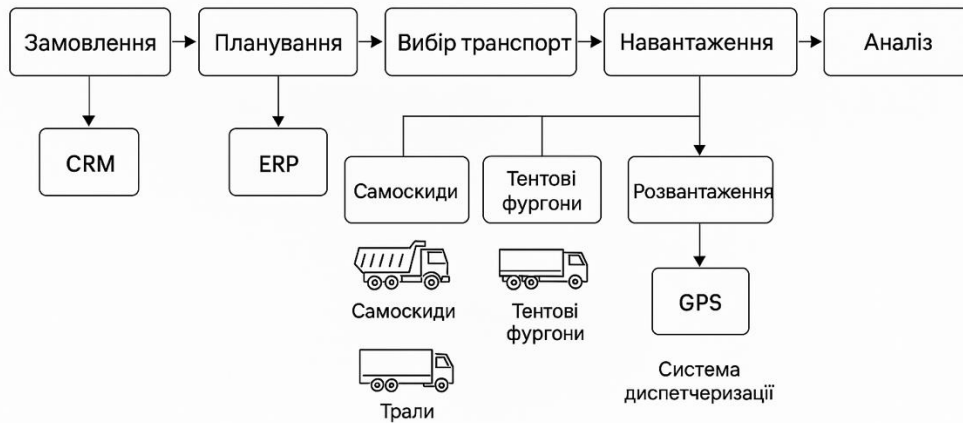
1. Renault Midlum (Тентовий фургон)

- Вантажність: 7-12 тонн
- Довжина кузова: від 6 до 8 м
- Потужність двигуна: 160-240 к.с.
- Використання: перевезення плитки, гіпсокартону, утеплювача

2. Mercedes-Benz Atego (Тентовий фургон)

- Вантажність: 7-16 тонн
- Довжина кузова: від 6 до 8 м
- Потужність двигуна: 156-279 к.с.
- Використання: перевезення упакованих вантажів, будівельних матеріалів

Аналіз організації транспортного процесу на підприємстві



Вихідні дані для оцінки ефективності використання рухомого складу ТОВ «Буд-Транс Логістик» (ІІ квартал 2025 року)

Показник	Самоскиди (MAN TGS 33.400, КамАЗ-6520)	Тентові фургони (Renault Midlum, Mercedes-Benz Atego)	Трали (Volvo FH16 + Schwarzmüller, Broshuis)
Тривалість експлуатації, днів (Тзаг)	180	180	180
Дні технічної готовності (Тр)	162	170	158
Загальна кількість машин (Nз)	15	12	7
Машин у роботі (Nв)	12	10	3
Загальний пробіг (Lзаг), км	13 500	26 500	13 000
Пробіг з вантажем (Lв), км	10 500	21 500	8 700
Обсяг перевезень (Qзаг), т	11 250	7 440	3 780
Кількість авто (Na)	15	12	7
Витрати пального (Vп), л	38 500	5 400	4 440

Таблиця маршрутів та типів транспорту

Пункт доставки	Тип вантажу	Рекомендований транспорт	Марка автомобіля
Ірпінь	Кускові	Тентовий фургон	Mercedes-Benz Atego
Бориспіль	Сипучі	Самоскид	MAN TGS 41.400
Біла Церква	Великогабаритні	Трал	Volvo FH16
Васильків	Сипучі	Самоскид	КамАЗ-6520
Вишгород	Кускові	Тентовий фургон	Renault Midlum
Фастів	Сипучі	Самоскид	MAN TGS 41.400
Боярка	Кускові	Тентовий фургон	Mercedes-Benz Atego
Обухів	Великогабаритні	Трал	Volvo FH16
Буча	Кускові	Тентовий фургон	Renault Midlum
Славутич	Сипучі	Самоскид	КамАЗ-6520

ТРАНСПОРТНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ СИПУЧИХ, ТАРНИХ І ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ МАТЕРІАЛІВ



Додаток Е

Кластеризована карта маршрутів доставки з м. Бровари

Червоний кластер — північний та східний напрям:

Пункт доставки	Відстань від Броварів (км)
Славутич	120
Бориспіль	25

Зелений кластер — центральний напрям:

Пункт доставки	Відстань від Броварів (км)
Ірпінь	50
Вишгород	40
Буча	45
Боярка	60

Синій кластер — південний напрям:

Пункт доставки	Відстань від Броварів (км)
Біла Церква	90
Фастів	85
Обухів	75
Васильків	70

Карта маршрутів доставки представлена на рисунку нижче:

