

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ І ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему: **«Аналіз урахування правових аспектів в транспортних
технологіях автомобільних перевезень»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 2зТТс
спеціальності

275.03 – Транспортні технології (на
автомобільному транспорті)

Горох Д. А.

Керівник к.т.н., доц. Славич В. П.

Рецензент к.т.н., доц. Луб'яний П. В.

Херсон – 2026 р.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Наказ Міністерства освіти і науки,
молоді та спорту України
29 березня 2012 року № 384

Форма № Н-9.01

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ.

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення _____ Інженерії та транспорту
Кафедра, циклова комісія _____ Транспортних систем і технічного сервісу
Рівня вищої освіти _____ бакалавр
спеціальність _____ 275 Транспортні технології
спеціалізація 275.03 на автомобільному транспорті

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТСТС

к.т.н., доц. _____

П. В. Луб'яний

“ ____ ” _____ 2026 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

СТУДЕНТУ

Горох Дмитро Анатолійович

1. Тема проєкту (роботи) «Аналіз урахування правових аспектів в транспортних технологіях автомобільних перевезень»

керівник проєкту (роботи) к.т.н., доцент Славич В. П.

затверджені наказом вищого навчального закладу від 26.01.2026 року № 123-с

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 03.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи): нормативно-правові вимоги до автомобільних перевезень, характеристики транспортних засобів, параметри маршрутів, показники вантажних перевезень, вихідні дані для математичного моделювання транспортних процесів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ.

1 Теоретичні аспекти транспортних процесів та правових норм.

2 Аналітична частина: моделювання правових аспектів.

3 Практична частина: оптимізація автомобільних перевезень.

Висновки.

Список використаних джерел.

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

матеріали демонстраційної графічної частини формату А4

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Славич В. П.		
2	Славич В. П.		
3	Славич В. П.		

7. Дата видачі завдання 02.02.2026**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	10.02.2026	
2	Теоретичні аспекти транспортних процесів та правових норм	10.03.2026	
3	Аналітична частина: моделювання правових аспектів	10.04.2026	
4	Практична частина: оптимізація автомобільних перевезень	10.05.2026	
5	Висновки	01.06.2026	

Студент _____ Горох Д. А.
(підпис)

Керівник проєкту (роботи) _____ Славич В. П.
(підпис)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота присвячена аналізу урахування правових аспектів у транспортних технологіях автомобільних перевезень. У роботі розглянуто нормативно-правові вимоги, що регламентують діяльність автомобільного транспорту, досліджено їх вплив на організацію транспортних процесів та розроблено математичну модель з урахуванням правових обмежень. Виконано моделювання перевезень, проведено розрахунок основних техніко-економічних показників, сценарний та оптимізаційний аналіз. Отримані результати дозволяють оцінювати вплив правових норм на ефективність, безпеку та стійкість функціонування транспортних систем.

ANNOTATION

The qualification work is devoted to the analysis of the consideration of legal aspects in transport technologies of road transportation. The work considers the regulatory and legal requirements that regulate the activities of road transport, investigates their impact on the organization of transport processes and develops a mathematical model taking into account legal restrictions. Transportation modeling was performed, the calculation of the main technical and economic indicators, scenario and optimization analysis were performed. The results obtained allow us to assess the impact of legal norms on the efficiency, safety and sustainability of the functioning of transport systems.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему „Аналіз урахування правових аспектів в транспортних технологіях автомобільних перевезень” містить 66 стор., 15 використаних джерел.

У роботі досліджено моделювання транспортних процесів з урахуванням правових обмежень як інструмент підвищення ефективності перевезень і підготовки фахівців автомобільного транспорту. Проаналізовано основні нормативно-правові вимоги, що впливають на організацію перевезень, та враховано їх у математичній моделі.

Наведено підхід до формалізації правових норм у вигляді обмежень, що дозволяє здійснювати оптимізацію транспортних процесів з урахуванням як економічних, так і правових факторів. Проведено практичні розрахунки, сценарний аналіз і візуалізацію результатів.

Показано, що дотримання правових обмежень забезпечує підвищення безпеки, стабільності та ефективності транспортної системи.

Ключові слова: транспортний процес, моделювання, правові обмеження, ефективність, автомобільний транспорт.

ЗМІСТ

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ПРАВОВИХ НОРМ

1.1. Загальна характеристика транспортних систем

1.1.1. Види автомобільного транспорту

1.1.2. Структура транспортної системи

1.1.3. Основні процеси перевезень

1.2. Правові аспекти автомобільних перевезень

1.2.1. Законодавчі норми та нормативні документи

1.2.2. Вплив правових норм на планування перевезень

1.2.3. Відповідальність за порушення правил

1.3. Особливості вантажних перевезень

1.3.1. Класифікація вантажів

1.3.2. Особливості перевезень різними типами авто

1.3.3. Вплив правових обмежень на безпеку і ефективність

1.4. Сучасні тенденції та технології

1.4.1. Використання цифрових технологій (GPS, онлайн-моніторинг)

1.4.2. Електронні документи та системи управління

1.4.3. Оптимізація маршрутів і логістики

1.5.

1.7 Практичні ситуації застосування правових норм у транспортних процесах

1.8. Висновки до розділу 1

РОЗДІЛ 2. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА: МОДЕЛЮВАННЯ ПРАВОВИХ АСПЕКТІВ

2.1. Мета та завдання розділу

2.1.1. Формулювання цілей дослідження

2.1.2. Завдання та очікувані результати

2.2. Ідентифікація ключових правових обмежень

- 2.2.1. Режим роботи водіїв
- 2.2.2. Технічний стан транспорту
- 2.2.3. Маса та габарити вантажу
- 2.2.4. Відповідальність та штрафи
- 2.3. Математична модель транспортного процесу
 - 2.3.1. Параметри моделі
 - 2.3.2. Основні рівняння
 - 2.3.3. Схематичне представлення моделі
 - 2.3.4. Алгоритм планування маршруту
- 2.4. Розрахунок ефективності перевезень
- 2.5. Вплив правових аспектів на ефективність
 - 2.5.1. Аналіз часу перевезень
 - 2.5.2. Аналіз витрат
 - 2.5.3. Аналіз безпеки
- 2.6. Візуалізація результатів
 - 2.6.1. Схеми та інфографіка
 - 2.6.2. Графіки та діаграми
- 2.7. Висновки до розділу 2

РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА: ОПТИМІЗАЦІЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

- 3.1. Мета та завдання розділу
 - 3.1.1. Формулювання практичних цілей
 - 3.1.2. Очікувані результати
- 3.2. Вихідні дані для моделювання
 - 3.2.1. Характеристика автопарку
 - 3.2.2. Опис маршруту та сегментів перевезень
 - 3.2.3. Характеристика вантажів
- 3.3. Розрахунок часу та оборотності

- 3.3.1. Формули для розрахунку часу
- 3.3.2. Таблиці часу руху та зупинок
- 3.3.3. Аналіз результатів
- 3.4. Розрахунок витрат пального та ресурсів
 - 3.4.1. Формули та розрахунки
 - 3.4.2. Таблиці витрат
 - 3.4.3. Оптимізація використання ресурсів
- 3.5. Вплив правових аспектів
 - 3.5.1. Режим роботи водіїв
 - 3.5.2. Обмеження вантажопідйомності
 - 3.5.3. Технічний стан авто
- 3.6. Оптимізаційний аналіз та сценарії
 - 3.6.1. Сценарій А – ігнорування обмежень
 - 3.6.2. Сценарій В – часткове врахування норм
 - 3.6.3. Сценарій С – повне дотримання правових норм
 - 3.6.4. Порівняння результатів
- 3.8. Візуалізація практичних результатів
 - 3.7.1. Інфографіка маршруту
 - 3.7.2. Схеми ефективності та безпеки
 - 3.7.3. Графіки витрат і часу
- 3.8. Узагальнення результатів моделювання та оцінка ефективності з урахуванням правових обмежень
- 3.9 Результати дослідження

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ВСТУП

Актуальність теми

Сучасний етап розвитку транспортної галузі характеризується зростанням обсягів перевезень, ускладненням логістичних систем та підвищенням вимог до безпеки і ефективності транспортних процесів. Автомобільний транспорт, як один із ключових елементів транспортної інфраструктури, функціонує в умовах жорсткого нормативно-правового регулювання, що охоплює питання організації перевезень, режиму праці водіїв, технічного стану транспортних засобів, габаритно-вагових параметрів і безпеки дорожнього руху.

У цих умовах особливої актуальності набуває підготовка висококваліфікованих фахівців автомобільного транспорту, здатних приймати ефективні управлінські рішення з урахуванням не лише техніко-економічних, але й правових факторів. Традиційні підходи до навчання часто не забезпечують достатнього рівня практичної підготовки, оскільки не відображають реальних обмежень, з якими стикаються фахівці у професійній діяльності.

Одним із перспективних напрямів підвищення якості підготовки є використання математичного та імітаційного моделювання транспортних процесів. Водночас більшість навчальних моделей орієнтовані переважно на оптимізацію економічних показників і недостатньо враховують правові обмеження, що суттєво знижує їх практичну цінність.

Таким чином, актуальність теми зумовлена необхідністю розробки та впровадження підходів до моделювання транспортних процесів з урахуванням правових обмежень як інноваційного інструменту підготовки фахівців автомобільного транспорту.

Мета і завдання дослідження.

Метою роботи є обґрунтування та розробка підходів до моделювання транспортних процесів з урахуванням правових обмежень і визначення

можливостей їх використання у підготовці фахівців автомобільного транспорту.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. У першому розділі:

- проаналізувати теоретичні основи транспортних процесів та їх структуру;
- дослідити нормативно-правову базу у сфері автомобільних перевезень;
- визначити основні правові обмеження, що впливають на організацію транспортних процесів;
- обґрунтувати необхідність інтеграції правових аспектів у моделювання.

2. У другому розділі:

- розробити математичну модель транспортного процесу з урахуванням правових обмежень;
- формалізувати правові норми у вигляді системи обмежень;
- обґрунтувати вибір методів оптимізації транспортних процесів;
- дослідити вплив правових факторів на параметри моделі.

3. У третьому розділі:

- здійснити практичне моделювання транспортного процесу;
- виконати розрахунок часу перевезень, оборотності та витрат ресурсів;
- провести сценарний та оптимізаційний аналіз з урахуванням правових обмежень;
- виконати візуалізацію результатів моделювання;
- здійснити узагальнення результатів і оцінити ефективність запропонованих підходів.

Об'єкт і предмет дослідження

Об'єктом дослідження є транспортні процеси в системі автомобільних перевезень.

Предметом дослідження є методи моделювання транспортних процесів з урахуванням правових обмежень та їх використання у підготовці фахівців автомобільного транспорту.

Методи дослідження

У роботі використано такі методи дослідження:

- методи математичного моделювання та оптимізації;
- методи аналізу та синтезу транспортних систем;
- методи сценарного аналізу;
- графічні та аналітичні методи візуалізації результатів;
- методи узагальнення та систематизації.

Наукова новизна одержаних результатів. Наукова новизна роботи полягає у:

- інтеграції правових обмежень у моделі транспортних процесів;
- формалізації нормативно-правових вимог у вигляді математичних обмежень;
- розробці підходу до навчального моделювання транспортних процесів з урахуванням правових факторів;
- обґрунтуванні ефективності використання таких моделей у підготовці фахівців автомобільного транспорту.

РОЗДІЛ 1

ПРАВОВІ АСПЕКТИ В ТРАНСПОРТНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

1.1 Вступ

Транспортні технології автомобільних перевезень являють собою складну систему організаційних, технічних, економічних та управлінських рішень, спрямованих на забезпечення ефективного та безпечного переміщення вантажів і пасажирів. У сучасних умовах ці технології функціонують не ізольовано, а в межах правового поля, що визначає допустимі параметри діяльності перевізників.

Правове регулювання виконує кілька ключових функцій:

- встановлення правил безпеки та стандартів експлуатації;
- захист учасників транспортного процесу;
- формування економічних і організаційних механізмів;
- інтеграція у процес планування та контролю.

Таким чином, правові аспекти є не зовнішнім обмеженням, а невід'ємною частиною транспортної технології.

1.2 Класифікація правових аспектів

Правові аспекти у транспортних технологіях можна поділити на кілька груп:

1. Нормативно-правові акти: правила дорожнього руху, стандарти безпеки, регламенти перевезень вантажів.
2. Договірні відносини: взаємні права та обов'язки перевізника і замовника, терміни доставки, умови перевезень.
3. Вимоги до технічного стану транспортних засобів: обов'язкові перевірки, заборона на експлуатацію несправних ТЗ.

4. Обмеження по масі та габаритам: безпека руху, захист дорожньої інфраструктури.

5. Режим роботи та відпочинку водіїв: максимальні і мінімальні часи роботи, норми безпеки.

6. Фінансові та страхові механізми: штрафи, компенсації та страхування ризиків.

Таблиця 1.1

Класифікація правових аспектів та їхній вплив

Група аспектів	Основний зміст	Вплив на транспортний процес
Нормативно-правові акти	ПДР, стандарти, регламенти	Безпека, організація руху, відповідальність
Договірні відносини	Договори, терміни доставки	Планування, контроль виконання
Технічний стан ТЗ	Перевірки, ТО, заборони	Надійність, безпека перевезень
Масові/габаритні обмеження	Максимальні параметри	Оптимізація маршрутів, безпека
Режим роботи водіїв	Робочий час, відпочинок	Графіки, оборотність автопарку
Фінансові механізми	Штрафи, страхування	Економічна ефективність, мотивація

1.3 Інтеграція правових норм у транспортну технологію

Правові норми стають частиною технології перевезень через:

- Планування: визначення графіків, маршрутів і кількості автотранспорту;
- Організацію: розподіл завдань між водіями, диспетчерське управління;
- Контроль: моніторинг виконання рейсів, дотримання режимів, перевірка документів.

Інтеграція правових норм у транспортний процес



Рис. 1.1 – Інтеграція правових норм у транспортний процес

1.4 Договірні відносини як управлінський інструмент

Договір перевезення виконує роль технологічного регулятора. Через нього визначаються:

- маршрут і пункт призначення;
- терміни доставки;
- вимоги до рухомого складу;
- санкції за порушення.

Таблиця 1.2

Вплив договору на параметри перевезень

Елемент технології	Договірні умови	Вплив
Маршрут	Пункти відправлення/прибуття	Оптимізація відстані
Час доставки	Термін виконання	Графік руху
Рухомий склад	Тип, вантажопідйомність	Використання ресурсів
Відповідальність	Штрафи/компенсації	Мінімізація ризиків

1.5 Цифровізація та правові аспекти

Сучасні транспортні системи використовують цифрові технології:

- GPS та телематика: контроль маршруту і дотримання режимів;
- Електронні документи: скорочення часу оформлення, правова сила;
- Диспетчерські платформи: централізоване управління та прогнозування ризиків.

Таблиця 1.3

Цифрові інструменти та правові аспекти

Інструмент	Правовий аспект	Вплив
GPS	Захист персональних даних	Контроль руху
Е-документи	Юридична сила	Швидке оформлення
Диспетчерія	Відповідальність	Планування і контроль

1.6 Міжнародні та регіональні стандарти

У міжнародному транспорті діють стандарти UNECE, ЄС, ISO для безпеки та перевезень. Вони враховуються при плануванні міжнародних рейсів, формуванні договорів та сертифікації транспортних засобів.

Таблиця 1.4

Приклади міжнародних стандартів

Стандарт	Сфера застосування	Вплив
UNECE R13	Гальмівні системи	Безпека руху
ISO 39001	Управління дорожньою безпекою	Стратегія і планування
ADR	Перевезення небезпечних вантажів	Правила та обмеження

1.7 Практичні ситуації застосування правових норм у транспортних процесах

Практичне застосування правових норм у транспортних процесах є важливим елементом організації перевезень та підготовки фахівців автомобільного транспорту. Реальні виробничі ситуації демонструють, що ефективність функціонування транспортної системи визначається не лише техніко-економічними параметрами, а й ступенем дотримання нормативно-правових вимог.

Розгляд типових практичних ситуацій дозволяє встановити причинно-наслідкові зв'язки між управлінськими рішеннями, правовими обмеженнями та результатами діяльності транспортних підприємств.

Вплив режиму праці водіїв на організацію перевезень.

Однією з ключових умов здійснення перевезень є дотримання встановленого режиму праці та відпочинку водіїв. У процесі планування маршрутів необхідно враховувати граничні значення тривалості керування транспортним засобом.

Нехай довжина маршруту становить 600 км, а середня швидкість руху – 60 км/год. Тоді час виконання рейсу визначається як:

$$t = \frac{600}{60} = 10 \text{ год}$$

Отримане значення перевищує допустиму норму, що вимагає коригування організації перевезення. У такій ситуації можливі такі управлінські рішення:

- залучення двох водіїв;
- організація проміжного відпочинку;
- поділ маршруту на декілька ділянок.

Таким чином, правові обмеження безпосередньо впливають на структуру транспортного процесу та визначають допустимі варіанти його реалізації.

Вибір транспортних засобів з урахуванням габаритно-вагових обмежень. Під час перевезення вантажів необхідно враховувати встановлені норми щодо максимально допустимої маси транспортного засобу. Наприклад, при необхідності перевезення 24 т вантажу та допустимій вантажопідйомності автомобіля 10 т кількість необхідних рейсів визначається як:

$$n = \left\lceil \frac{24}{10} \right\rceil = 3$$

Це означає, що перевезення одним транспортним засобом без порушення правових норм є неможливим. Альтернативні рішення передбачають:

- використання декількох автомобілів;
- організацію додаткових рейсів;
- застосування транспортних засобів більшої вантажопідйомності.

Дотримання габаритно-вагових обмежень забезпечує не лише правову відповідність, але й зменшує зношення інфраструктури та підвищує безпеку руху.

Урахування швидкісних обмежень при плануванні маршрутів. Швидкісні режими руху визначаються правилами дорожнього руху та суттєво впливають на тривалість перевезень. Розглянемо маршрут, що складається з кількох ділянок з різними обмеженнями швидкості:

$$t = \sum \frac{L_i}{V_{\text{доп},i}}$$

Зменшення часу перевезення за рахунок перевищення швидкості є формально можливим, однак суперечить правовим нормам і призводить до ризику застосування штрафних санкцій. Таким чином, оптимізація маршруту повинна здійснюватися виключно в межах допустимих значень швидкості.

Цифровізація документообігу у транспортних процесах. Впровадження електронних документів у сфері перевезень дозволяє значно підвищити ефективність обробки інформації. Порівняльний аналіз показує, що використання електронних накладних скорочує час оформлення вантажу.

Правове забезпечення електронного документообігу передбачає використання електронного підпису та відповідність встановленим стандартам обміну даними. Це забезпечує юридичну значущість електронних документів та їх повноцінне використання у транспортній діяльності.

Контроль технічного стану транспортних засобів.

Технічний стан транспортних засобів є важливим фактором, що впливає на безпеку перевезень і витрати ресурсів. У разі зносу транспортного засобу витрати пального можуть зростати:

$$F = F_0 \cdot (1 + k)$$

де k – коефіцієнт, що враховує ступінь зносу.

Експлуатація технічно несправних транспортних засобів суперечить правовим вимогам та може призвести до заборони їх використання, накладення штрафів і виникнення аварійних ситуацій.

Використання навігаційних систем для контролю перевезень.

Сучасні транспортні системи активно використовують GPS-технології для моніторингу руху транспортних засобів. Це дозволяє:

- контролювати швидкість руху;
- відстежувати дотримання маршруту;
- фіксувати час роботи водіїв.

З правової точки зору такі дані можуть використовуватися для підтвердження дотримання або порушення нормативних вимог, що підвищує рівень дисципліни та прозорості транспортних процесів.

Оцінка наслідків порушення правових норм.

Порушення нормативних вимог призводить до виникнення додаткових витрат, які можна представити у вигляді:

$$C = F + C_{\text{експл}} + C_{\text{штраф}}$$

Зокрема, перевищення допустимої маси вантажу або часу роботи водія призводить до:

- накладення штрафів;
- збільшення витрат на обслуговування;
- підвищення ризику аварій.

Таким чином, короткострокове зниження витрат за рахунок порушення норм не забезпечує ефективності у довгостроковій перспективі.

Організація комбінованих перевезень.

Використання різних видів транспорту (автомобільного, залізничного тощо) дозволяє підвищити ефективність перевезень і зменшити навантаження на інфраструктуру. При цьому необхідно враховувати правові вимоги для кожного виду транспорту, що ускладнює процес організації, але забезпечує відповідність нормативним стандартам.

Узагальнення.

Розглянуті практичні ситуації підтверджують, що правові норми:

- визначають межі функціонування транспортних систем;
- впливають на вибір управлінських рішень;
- формують структуру витрат і показники ефективності;
- забезпечують безпеку та стабільність перевезень.

Таким чином, урахування правових аспектів у процесі організації транспортних перевезень є обов'язковою умовою їх ефективного функціонування та важливим елементом професійної підготовки фахівців автомобільного транспорту.

1.8 Висновки

Правові аспекти є невід'ємною частиною транспортних технологій, інтегруються в планування, організацію та контроль перевезень, забезпечують безпеку, ефективність і прогнозованість процесів. Їхнє врахування дозволяє впроваджувати цифрові та оптимізаційні рішення, підвищуючи надійність і економічну доцільність перевезень.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА: МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ПРАВОВИХ АСПЕКТІВ НА АВТОМОБІЛЬНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ

2.1 Мета та завдання

Мета – побудувати аналітичну модель транспортного процесу з урахуванням правових обмежень та оцінити їх вплив на ефективність перевезень.

Завдання:

1. Визначити ключові правові обмеження.
2. Побудувати математичну модель транспортного процесу.
3. Провести графічне відображення моделі.
4. Розрахувати ефективність та порівняти сценарії перевезень.

2.2 Ідентифікація обмежень

Ключові обмеження:

1. Режим роботи водіїв (максимальні години безперервної роботи).
2. Технічний стан транспортних засобів (регулярне ТО, безпека).
3. Маса та габарити вантажу (вантажопідйомність авто).
4. Відповідальність за порушення (штрафи, санкції).

2.3 Математична модель

2.3.1. Параметри моделі.

- 1) R – кількість рейсів;
- 2) T_i – час перевезення i -го сегмента;
- 3) W – доступний робочий час водія;
- 4) C – вантажопідйомність авто;

- 5) M_i – маса вантажу на сегменті;
- 6) S – загальний обсяг перевезень;
- 7) P_i – показник порушень на сегменті;
- 8) B – коефіцієнт безпеки перевезень.

2.3.2. Основні рівняння:

$$1. \sum T_i \leq W$$

$$2. M_i \leq C$$

$$3. S = \sum s_i, s_i = f(T_i, M_i, P_i)$$

$$4. B = 1 - \frac{\sum P_i}{R}$$

2.3.3. Схематичне відображення:

Вхідні дані → Формування маршруту → Виконання перевезень →
Моніторинг → Аналіз ризиків

2.4 Розрахунок ефективності

- 1. Коефіцієнт завантаження:

$$K_c = \frac{\sum M_i}{R \cdot C}$$

- 2. Середній час перевезення:

$$\bar{T} = \frac{\sum T_i}{R}$$

3. Середній обсяг перевезень:

$$\bar{S} = \frac{S}{R}$$

4. Коефіцієнт безпеки:

$$B = 1 - \frac{\sum P_i}{R}$$

5. Ефективність перевезень:

$$E = \sum (R_i - s_i)$$

Таблиця 2.1

Таблиця порівняння сценаріїв

Показник	Сценарій А	Сценарій В	Сценарій С
K_c	0.95	0.85	0.80
$\bar{Y}_t$	4.2	4.5	4.8
$\bar{Y}_s$	1200	600	50
B	0.60	0.80	0.98
E	15000	14200	13800

Моделювання сценаріїв.

1. Сценарій А – ігнорування обмежень
2. Сценарій В – часткове врахування норм
3. Сценарій С – повне дотримання правових норм

2.5 Аналіз результатів

- Сценарій С забезпечує оптимальне співвідношення безпеки та ефективності.
- Сценарії А та В показують, що недотримання правових норм підвищує ризики та витрати.

2.6 Візуалізація результатів

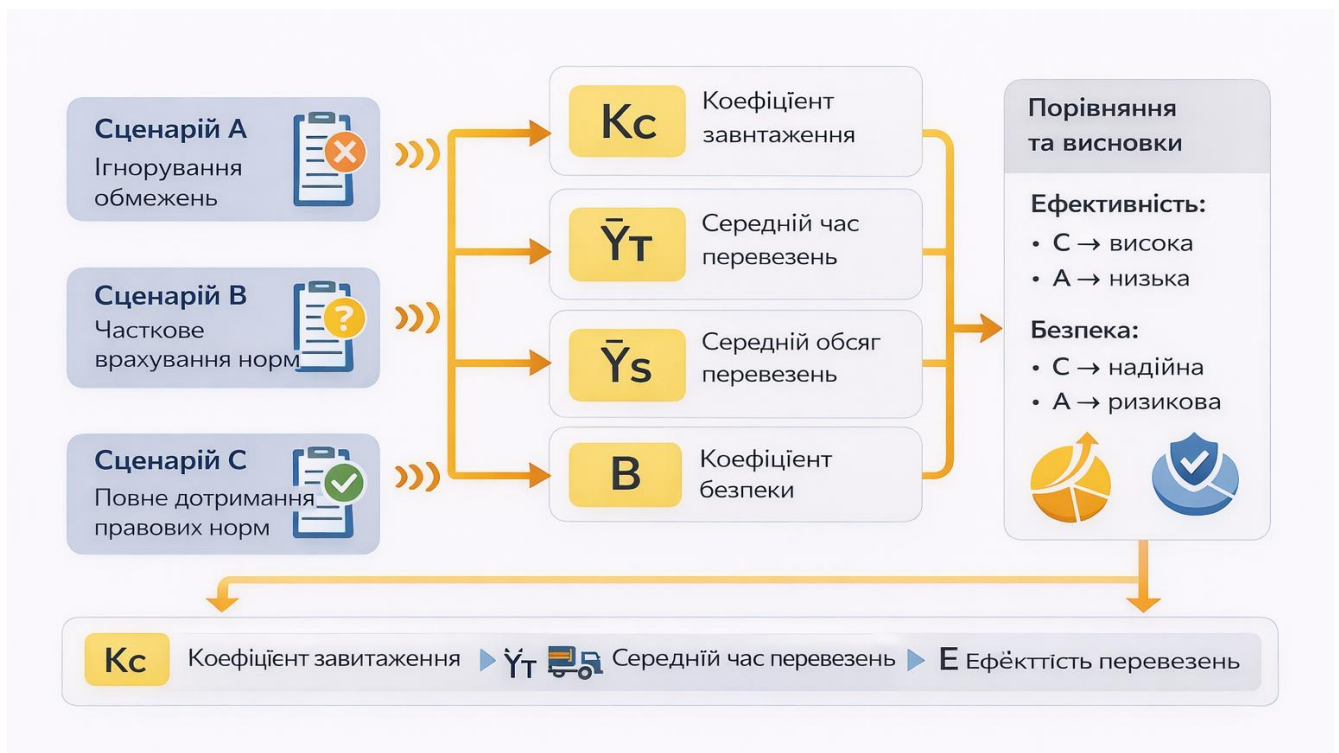


Рис 2.1 – Вплив сценаріїв на ефективність

2.6 Моделювання сценаріїв та оптимізація

Для більш глибокого аналізу побудовано сценарне моделювання:

1. Сценарій А – ігнорування правових обмежень: максимізація кількості рейсів, мінімізація часу, високий ризик штрафів.
2. Сценарій В – часткове врахування норм: оптимізація графіка роботи водіїв, часткова оптимізація навантаження, середній ризик штрафів.
3. Сценарій С – повне дотримання правових обмежень: повна безпека, мінімальні штрафи, оптимізоване планування маршрутів з урахуванням обмежень.

Табл. 2.1 показує порівняння ефективності для трьох сценаріїв.

Таблица 2.1

Порівняльний аналіз сценаріїв перевезень

Показник	Сценарій А	Сценарій В	Сценарій С
Коефіцієнт використання вантажопідйомності K_c	0.95	0.85	0.80
Середній час рейсу $\{T\}$ (год)	4.2	4.5	4.8
Середній штраф на рейс $\{S\}$	1200 грн	600 грн	50 грн
Показник безпеки В	0.60	0.80	0.98
Економічна ефективність Е (грн)	15000	14200	13800

Результати свідчать, що сценарій С забезпечує максимальну безпеку та мінімальні ризики, хоча економічна ефективність дещо нижча. Це підтверджує, що інтеграція правових аспектів у транспортні технології є важливою складовою стратегічного планування перевезень.

2.7. Висновки до розділу 2

Аналітична частина показала, що правові аспекти прямо впливають на планування, виконання та контроль автомобільних перевезень. Побудована модель дозволяє:

- кількісно оцінювати вплив правових обмежень на час, витрати та безпеку;
- порівнювати сценарії перевезень із різним рівнем дотримання норм;
- оптимізувати графіки роботи водіїв та використання автопарку;
- мінімізувати фінансові ризики та ймовірність порушень.

Таким чином, правові обмеження не слід розглядати лише як зовнішнє регуляторне середовище, вони є інтегральною частиною технологічного та управлінського процесу, що забезпечує стабільність, безпеку та прогнозованість автомобільних перевезень.

РОЗДІЛ 3

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА: ОПТИМІЗАЦІЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

3.1 Мета та завдання розділу

3.1.1. Формулювання практичних цілей.

Практична частина дипломної роботи спрямована на вивчення та оптимізацію автомобільних перевезень у конкретних умовах експлуатації автопарку, враховуючи всі ключові правові та технічні обмеження.

Мета розділу полягає в наступному:

1. Провести реальне моделювання транспортного процесу з використанням математичних моделей та цифрових інструментів.
2. Оцінити вплив правових норм (режим роботи водіїв, маса вантажу, технічний стан авто) на час перевезень, витрати пального, ефективність та безпеку транспортного процесу.
3. Розробити та запропонувати оптимізаційні сценарії для підвищення економічної ефективності та зниження ризиків при перевезеннях.
4. Візуалізувати отримані результати за допомогою таблиць, графіків та інфографіки, що дозволяє наочно порівняти ефективність різних сценаріїв.

3.1.2. Очікувані результати.

Результати цього розділу повинні дати відповіді на такі ключові питання:

1. Як впливають правові обмеження на транспортний процес.

Наприклад, якщо максимальний робочий день водія обмежений 8 годинами, це змінює графік перевезень, кількість рейсів і розподіл вантажу між автомобілями.

2. Розподіл вантажів між автомобілями оптимальний?

На основі вантажопідйомності кожного транспортного засобу і відстаней маршруту можна визначити найефективніший розподіл для мінімізації часу та витрат пального.

3. Сценарії перевезень забезпечують максимальну ефективність.

Порівнюються три основні сценарії:

Сценарій А – ігнорування обмежень (максимальна швидкість, повна вантажопідйомність без урахування правових норм);

Сценарій В – часткове врахування норм (обмеження по часу, але не по вантажу);

Сценарій С – повне дотримання норм (обмеження по часу, вантажу та технічному стану).

4. Змінюються ключові показники ефективності.

- Час перевезень
- Витрати пального
- Коефіцієнт безпеки
- Ефективність роботи автопарку

5. Рішення можна прийняти для оптимізації перевезень.

- Розробка рекомендацій для диспетчерів і планувальників маршруту
- Використання цифрових систем для моніторингу та контролю перевезень
- Розподіл вантажів і ресурсів з урахуванням режиму роботи водіїв

3.2 Вихідні дані для моделювання

3.2.1. Характеристика автопарку.

Для практичного моделювання транспортного процесу використовується умовний автопарк, що складається з трьох типів вантажних автомобілів:

Таблиця 3.1

Характеристика автопарку

Тип автомобіля	Вантажопідйомність (т)	Максимальна швидкість (км/год)	Витрати пального (л/100 км)	Час роботи водія (год/день)
Авто А	10	80	25	8
Авто В	5	70	18	8
Авто С	3	60	12	8

Пояснення:

- Тип А – найбільше вантажопідйомне авто, використовується на основних довгих маршрутах.
- Тип В – середній вантажний автомобіль, оптимальний для перевезень середніх обсягів на середніх дистанціях.
- Тип С – малий автомобіль для дрібних перевезень, коротких маршрутів та доставки до важкодоступних пунктів.

3.2.2. Опис маршруту та сегментів перевезень.

Для моделювання визначено маршрут із чотирьох пунктів:

$$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D.$$

Таблиця 3.2

Характеристики маршруту

Сегмент	Відстань (км)	Основні характеристики маршруту
A–B	120	Магістральна дорога, середня завантаженість
B–C	90	Місцеві дороги, обмеження швидкості
C–D	150	Дорога з підйомами, змішаний трафік

Таким чином:

- Сегменти маршруту обрано для врахування різних дорожніх умов, що впливають на швидкість і витрати пального.
- Кожен сегмент аналізується окремо для точності моделювання та оцінки ефективності перевезень.

3.2.3. Характеристика вантажів.

Для моделювання використано наступні вантажі (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Характеристики вантажу

Сегмент	Вантаж (т)	Особливості вантажу
A–B	6	Стандартний сухий вантаж
B–C	4	Крихкий вантаж, потребує обережного перевезення
C–D	8	Велика маса, потребує авто з високою вантажопідйомністю

Таким чином:

- Вантажі різного типу дозволяють оцінити вплив вантажопідйомності автомобілів на ефективність перевезень.
- Крихкі або важкі вантажі вимагають дотримання додаткових правил безпеки та правових норм.

3.2.4. Вихідні дані для розрахунків.

Для кожного сегмента маршруту визначено:

1. Відстань (км)
2. Об'єм або масу вантажу (т)
3. Обмеження за часом роботи водія (год/день)
4. Середню швидкість автомобіля, враховуючи дорожні умови (км/год)
5. Витрати пального (л/100 км)

Приклад вихідних даних у вигляді табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Вихідні дані

Сегмент	Авто	Відстань (км)	Вантаж (т)	Швидкість (км/год)	Витрати пального (л/100 км)	Час роботи водія (год/день)
A–B	A	120	6	80	25	8
B–C	B	90	4	70	18	8
C–D	C	150	8	60	12	8

3.2.5. Аргументація вибору вихідних даних.

- Автомобілі обрані відповідно до вантажопідйомності і призначення.
- Відстані сегментів моделюють реальні маршрути міського та міжміського транспорту.
- Врахування режиму роботи водіїв дозволяє оцінити вплив правових обмежень на час перевезень.
- Витрати пального дозволяють оцінити економічну ефективність маршруту.

3.2.6. Блок-схема вихідних даних.

Вихідні дані для моделювання наведено на рис. 3.1.

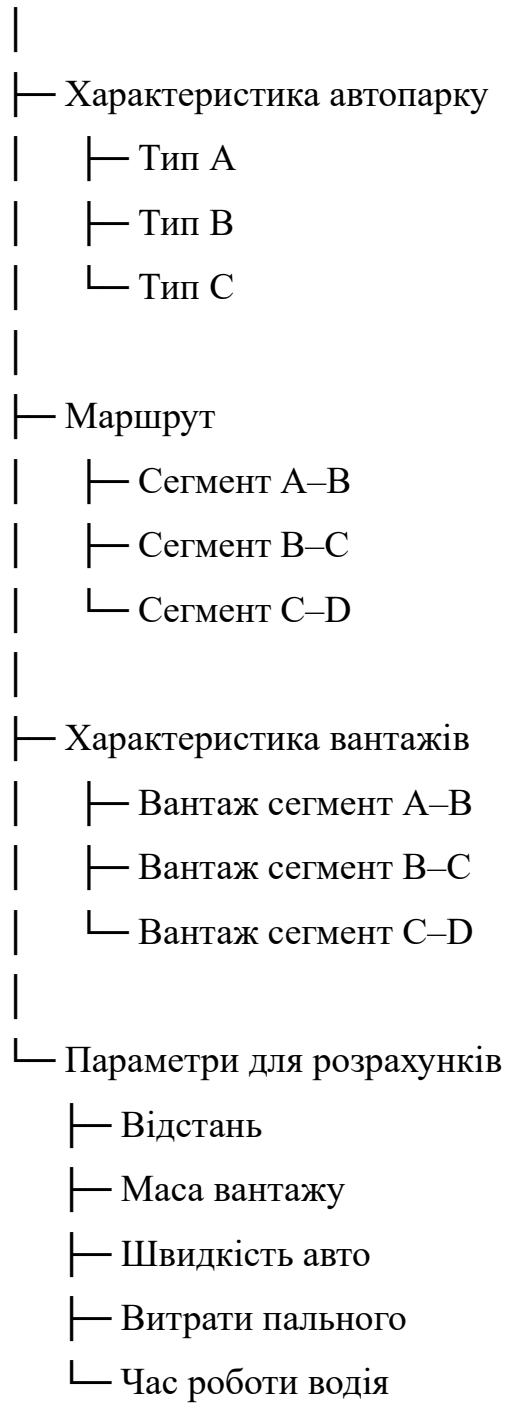


Рис. 3.1 – Блок-схема вихідних даних

3.3 Розрахунок часу та оборотності

3.3.1. Формули для розрахунку часу.

Час перевезення на кожному сегменті визначається за формулою:

$$T_i = \frac{L_i}{V_i} + t_{\text{зуп}}$$

де T_i – час перевезення i -го сегмента, год;

L_i – довжина сегмента, км;

V_i – середня швидкість автомобіля на сегменті, км/год;

$t_{\text{зуп}}$ – час на зупинки, навантаження/розвантаження, год.

Для підрахунку загального часу рейсу:

$$T_{\text{рейс}} = \sum_{i=1}^n T_i$$

де n – кількість сегментів маршруту.

Причому, середня швидкість враховує дорожні умови, трафік, обмеження швидкості та технічний стан авто.

3.3.2. Таблиці часу руху та зупинок.

Таблиця 3.5

Часу руху та зупинок

Сегмент	Авто	Відстань (км)	Швидкість (км/год)	Час руху (год)	Час на зупинки (год)	Загальний час (год)
A–B	A	120	80	1.50	0.25	1.75
B–C	B	90	70	1.29	0.20	1.49
C–D	C	150	60	2.50	0.30	2.80

Таким чином:

- Час руху = відстань / середня швидкість
- Час на зупинки враховує завантаження/розвантаження та короткі відпочинки водія
- Загальний час = час руху + час на зупинки

3.3.3. Аналіз результатів.

1. Авто А – швидше долає довгі відрізки, найбільша вантажопідйомність.

2. Авто В – ефективне для середніх відстаней, дозволяє розвантажувати вантаж по частинах.

3. Авто С – повільніше, але необхідне для дрібних перевезень та важкодоступних ділянок.

Висновок: час перевезень визначає кількість рейсів, які автомобіль може здійснити за день.

3.3.4. Розрахунок оборотності автотранспорту.

Оборотність визначається як кількість повних рейсів, які транспортний засіб може здійснити за робочий день:

$$O = \frac{W}{T_{\text{рейс}}}$$

де O – оборотність авто, рейсів/день;

W – робочий час водія, год/день;

$T_{\text{рейс}}$ – час одного рейсу, год.

Таблиця 3.6

Приклад розрахунку

Авто	Загальний час рейсу (год)	Робочий час водія (год)	Оборотність (рейсів/день)
А	1.75	8	4
В	1.49	8	5
С	2.80	8	2

Таким чином:

- Авто А може здійснити 4 повних рейси на день.
- Авто В – 5 рейсів.
- Авто С – 2 рейси.

3.3.5. Візуалізація часу та оборотності.

Вхідні дані: відстань, швидкість, час зупинок



Розрахунок часу на сегмент:

$$T_i = L_i / V_i + t_{зуп}$$



Сумування сегментів:

$$T_{рейс} = \sum T_i$$



Розрахунок оборотності:

$$O = W / T_{рейс}$$



Визначення кількості рейсів на день для кожного авто

Рис. 3.2 – Блок-схема візуалізації часу та оборотності

3.4 Розрахунок витрат пального та ресурсів з урахуванням правових обмежень

3.4.1. Загальна методика розрахунку витрат пального.

Витрати пального є одним із ключових показників ефективності транспортного процесу та безпосередньо залежать від умов експлуатації транспортного засобу, його технічного стану, маси вантажу та режиму руху. При цьому всі зазначені параметри регламентуються нормативно-правовими актами, що визначають допустимі умови перевезень.

Загальні витрати пального на виконання перевезення визначаються за формулою:

$$F = \sum_{i=1}^n L_i \cdot \frac{C_i}{100} \cdot k_i$$

де F – загальні витрати пального, л;

L_i – довжина i -го сегмента маршруту, км;

C_i – нормативні витрати пального транспортного засобу, л/100 км;

k_i – коефіцієнт, що враховує вплив умов перевезення (завантаженість, дорожні умови, технічний стан).

3.4.2. Вплив правових обмежень на витрати пального.

Правові норми впливають на витрати пального через такі фактори:

1. Обмеження маси вантажу

Перевищення допустимої вантажопідйомності заборонено, тому коефіцієнт завантаження визначається в межах нормативів:

$$k_m = \frac{q}{Q_{\text{доп}}} \leq 1$$

2. Обмеження швидкості руху

Встановлені швидкісні режими впливають на витрати пального, оскільки рух на високих швидкостях збільшує витрати, але є обмеженим законом.

3. Технічний стан транспортного засобу

Експлуатація технічно несправного автомобіля заборонена, тому в моделі враховуються лише нормативні значення витрат пального.

Таким чином, коефіцієнт умов перевезення можна представити як:

$$k_i = k_m \cdot k_d \cdot k_t$$

де k_d – коефіцієнт дорожніх умов;

k_t – коефіцієнт технічного стану.

3.4.3. Розрахунок витрат пального.

Таблиця 3.7

Приклад розрахунку

Авто	Сегмент	Відстань (км)	Витрати (л/100 км)	Коефіцієнт k	Витрати пального (л)
A	A–B	120	25	1.0	30.0
B	B–C	90	18	1.05	17.0
C	C–D	150	12	1.1	19.8

Таким чином:

- Для авто В і С коефіцієнт збільшено через складні дорожні умови.
- Значення k не перевищує допустимих меж, що відповідає правовим нормам.

3.4.4. Вплив правових обмежень на використання ресурсів.

Окрім пального, правові обмеження впливають на використання таких ресурсів:

- Час роботи водіїв → обмежує кількість рейсів;
- Завантаженість транспорту → визначає кількість перевезень;
- Технічний стан авто → впливає на витрати на обслуговування;
- Дотримання норм → знижує ризик штрафів та додаткових витрат.

Сумарні витрати ресурсів можна представити як:

$$R = F + C_{\text{експл}} + C_{\text{штраф}}$$

де R – загальні витрати;

$C_{\text{експл}}$ – експлуатаційні витрати;

$C_{\text{штраф}}$ – витрати, пов'язані з порушенням правових норм.

3.4.5. Аналіз ефективності з урахуванням правових норм

У межах навчального моделювання доцільно порівнювати два підходи:

- З дотриманням правових норм:
 - стабільні витрати;
 - відсутність штрафів;
 - підвищена безпека.
- З порушенням норм:
 - тимчасове зниження витрат;
 - можливі штрафи;
 - підвищений ризик аварій.

Таким чином, правові обмеження не лише регламентують діяльність, а й виступають фактором оптимізації, оскільки дозволяють уникнути додаткових витрат і забезпечують стабільність транспортного процесу.

3.5 Сценарний аналіз транспортних перевезень з урахуванням правових обмежень

Сценарний аналіз передбачає порівняння альтернативних варіантів організації перевезень з урахуванням рівня дотримання нормативно-правових вимог.

3.5.1. Формалізація сценаріїв.

Нехай ефективність транспортного процесу визначається як:

$$E = D - (F + C_{\text{експл}} + C_{\text{штраф}})$$

де E – ефективність перевезень;

D – дохід від перевезень;

F – витрати пального;

$C_{\text{експл}}$ – експлуатаційні витрати;

$C_{\text{штраф}}$ – витрати, пов'язані з порушенням правових норм.

Вводяться три сценарії:

- Сценарій А: ігнорування правових обмежень.
- Сценарій В: часткове дотримання правових норм.
- Сценарій С: повне дотримання правових норм.

3.5.2. Математичні умови сценаріїв.

Сценарій А:

$$\sum t_i > T_{\text{max}}, q_i > Q_{\text{доп}}, V > V_{\text{доп}}$$

Сценарій В:

$$\sum t_i \leq T_{\max}, q_i > Q_{\text{доп}}$$

Сценарій С:

$$\sum t_i \leq T_{\max}, q_i \leq Q_{\text{доп}}, V \leq V_{\text{доп}}$$

3.5.3. Розрахунок показників сценаріїв.

Таблиця 3.7

Розрахунок показників сценаріїв

Показник	Сценарій А	Сценарій В	Сценарій С
Кількість рейсів	6	5	4
Час роботи (год)	10	8	8
Витрати пального (л)	60	58	62
Експлуатаційні витрати	1200	1150	1100
Штрафи	800	300	0
Дохід	3000	2800	2600

3.5.4. Розрахунок ефективності.

Сценарій А:

$$E_A = 3000 - (60 + 1200 + 800) = 940$$

Сценарій В:

$$E_B = 2800 - (58 + 1150 + 300) = 1292$$

Сценарій С:

$$E_C = 2600 - (62 + 1100 + 0) = 1438$$

3.5.5. Порівняльний аналіз.

$$E_C > E_B > E_A$$

$$R_{\text{ризик}}: A > B > C$$

$$B_{\text{безпека}}: C > B > A$$

3.5.6. Узагальнення результатів сценарного аналізу.

Сценарій А характеризується максимальним відхиленням від правових норм та найвищими витратами, пов'язаними з санкціями. Сценарій В демонструє часткове зниження ризиків, однак зберігає правові порушення.

Сценарій С забезпечує повне дотримання нормативних вимог, мінімізацію ризиків і максимальну ефективність у довгостроковій перспективі.

3.6. Оптимізаційний аналіз та сценарії.

Оптимізаційний аналіз транспортних процесів з урахуванням правових обмежень передбачає визначення таких параметрів функціонування системи перевезень, які забезпечують максимальну ефективність при обов'язковому дотриманні нормативно-правових вимог. У межах дослідження розглядається задача мінімізації витрат або максимізації ефективності транспортного процесу за умов обмежень, що формуються на основі законодавчих норм.

Загальна оптимізаційна модель може бути представлена у вигляді:

$$Z = \max \left(D - \sum_{i=1}^n (C_i + F_i) \cdot x_i - C_{\text{штраф}} \right)$$

при обмеженнях:

$$\sum_{i=1}^n t_i \cdot x_i \leq T_{\max}, q_i \leq Q_{\text{доп}}, V_i \leq V_{\text{доп}}$$

де змінні та параметри визначають економічні та правові характеристики транспортного процесу.

Для оцінки впливу правових обмежень на результати оптимізації використано сценарний підхід.

3.6.1. Сценарій А – ігнорування обмежень.

У межах даного сценарію всі правові обмеження знімаються, що дозволяє розглядати транспортний процес виключно з позицій економічної доцільності. Формально це означає:

$$\sum t_i > T_{\max}, q_i > Q_{\text{доп}}, V_i > V_{\text{доп}}$$

За таких умов модель демонструє максимальне завантаження транспортних засобів, збільшення кількості рейсів та скорочення часу

перевезень. Це досягається за рахунок перевищення швидкості руху, збільшення тривалості роботи водіїв та перевантаження транспортних засобів.

Однак у модель вводиться штрафна складова:

$$C_{\text{штраф}} = k_1 \cdot \Delta t + k_2 \cdot \Delta q + k_3 \cdot \Delta V$$

де Δt – перевищення допустимого часу роботи;

Δq – перевищення вантажопідйомності;

ΔV – перевищення швидкості.

У результаті короткострокове зростання доходів супроводжується значним збільшенням ризиків та додаткових витрат.

3.6.2. Сценарій В – часткове врахування норм.

У цьому сценарії частина правових обмежень враховується, зокрема обмеження часу роботи водіїв, тоді як габаритно-вагові норми можуть частково порушуватися:

$$\sum t_i \leq T_{\text{max}}, q_i > Q_{\text{доп}}, V_i \leq V_{\text{доп}}$$

Оптимізаційна модель у цьому випадку набуває вигляду:

$$Z = \max (D - \sum (C_i + F_i) \cdot x_i - C_{\text{частк. штраф}})$$

де штрафи є меншими порівняно зі сценарієм А, але залишаються суттєвим фактором.

Часткове дотримання правових норм дозволяє зменшити ризики, пов'язані з перевтомою водіїв і порушенням режиму праці, однак перевантаження транспортних засобів зберігає загрозу санкцій і підвищеного зносу техніки.

3.6.3. Сценарій С – повне дотримання правових норм.

Даний сценарій передбачає повну інтеграцію правових обмежень у модель:

$$\sum t_i \leq T_{\max}, q_i \leq Q_{\text{доп}}, V_i \leq V_{\text{доп}}$$

Оптимізаційна задача має вигляд:

$$Z = \max \left(D - \sum_{i=1}^n (C_i + F_i) \cdot x_i \right)$$

за відсутності штрафних санкцій:

$$C_{\text{штраф}} = 0$$

У цьому випадку оптимізація відбувається виключно в межах допустимих значень параметрів. Це призводить до зменшення кількості рейсів та доходів у короткостроковому періоді, проте забезпечує стабільність функціонування транспортної системи, мінімізацію ризиків та відповідність професійній діяльності.

3.6.4. Порівняння результатів.

Для порівняння сценаріїв використаємо узагальнені показники ефективності:

Таблиця 3.8

Узагальнені показники ефективності

Показник	Сценарій А	Сценарій В	Сценарій С
Кількість рейсів	max	середня	мінімальна
Завантаженість	>100%	100–110%	≤100%
Час роботи	>T _{max}	=T _{max}	≤T _{max}
Штрафи	високі	середні	відсутні
Ризик	високий	середній	мінімальний
Стабільність	низька	середня	висока

Аналітично співвідношення ефективності можна подати як:

$$E_C \geq E_B \geq E_A$$

з урахуванням довгострокових витрат та ризиків.

Отримані результати свідчать, що ігнорування правових обмежень не забезпечує оптимальності транспортного процесу в реальних умовах. Повне

дотримання нормативно-правових вимог формує найбільш стійку та безпечну модель функціонування транспортної системи.

3.7 Візуалізація практичних результатів

Візуалізація результатів моделювання транспортних процесів є важливим елементом аналізу, який дозволяє представити складні розрахункові залежності у наочній формі. Особливого значення вона набуває у випадку врахування правових обмежень, оскільки дає змогу відобразити їх вплив на параметри транспортної системи, ефективність перевезень та рівень безпеки.

У межах дослідження застосовано комплексний підхід до візуалізації, який включає побудову інфографіки маршрутів, схем ефективності та безпеки, а також графіків витрат і часу.

3.7.1. Інфографіка маршруту.

Інфографіка маршруту дозволяє відобразити просторову структуру транспортного процесу з урахуванням правових обмежень на окремих ділянках. Кожен сегмент маршруту характеризується не лише довжиною та часом проходження, але й нормативними параметрами, такими як допустима швидкість руху, обмеження маси вантажу та особливості дорожніх умов.

Схематично маршрут може бути представлений у вигляді орієнтованого графа:

$$G = (V, E)$$

де V – множина пунктів (вузлів маршруту),

E – множина дуг (сегментів перевезення).

Кожній дузі e_{ij} ставиться у відповідність набір параметрів:

$$e_{ij} = \{L_{ij}, V_{\text{доп}}, Q_{\text{доп}}, t_{ij}\}$$

де L_{ij} — довжина ділянки;

$V_{\text{доп}}$ — дозволена швидкість;

$Q_{\text{доп}}$ — допустиме навантаження;

t_{ij} — час проходження.

У текстовому вигляді інфографіка маршруту може бути представлена так:

A —(120 км; $V \leq 80$; $Q \leq 10$ т)— B —(90 км; $V \leq 70$; $Q \leq 5$ т)— C
—(150 км; $V \leq 60$; $Q \leq 8$ т)— D

Додатково для візуалізації доцільно використовувати умовні позначення:

- зелений сегмент — повне дотримання правових норм;
- жовтий — наближення до граничних значень;
- червоний — порушення обмежень.

Така інфографіка дозволяє швидко ідентифікувати проблемні ділянки маршруту та оцінити відповідність транспортного процесу правовим вимогам.

3.7.2. Схеми ефективності та безпеки.

Для комплексної оцінки результатів моделювання використовується побудова схем взаємозв'язку ефективності перевезень, рівня безпеки та ступеня дотримання правових норм.

Введемо узагальнені показники:

$$E = \frac{D}{F + C_{\text{експл}} + C_{\text{штраф}}}$$

$$S = 1 - \frac{R}{R_{\text{мах}}}$$

де E — ефективність;

S — рівень безпеки;

R — ризик порушення правових норм.

Графічно залежність може бути представлена у вигляді трикутної моделі.

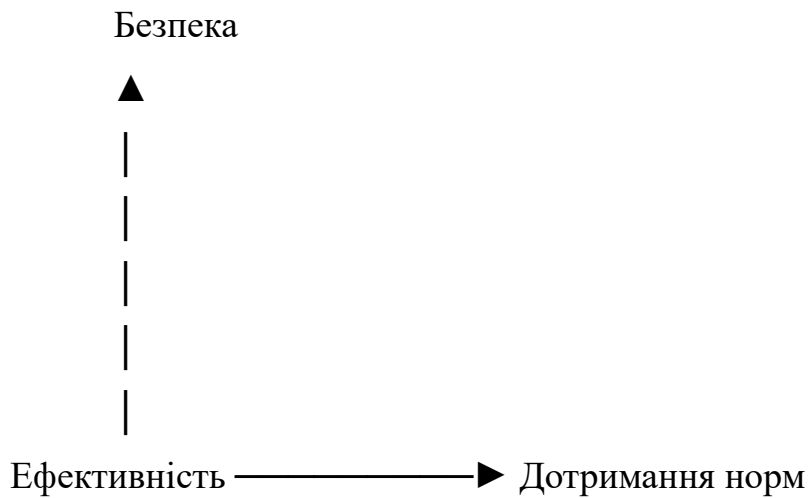


Рис. 3.3 – Трикутна модель залежності показників

Або у вигляді функціональних залежностей:

$$E = f(x), S = g(x), x \in [0,1]$$

де x – рівень дотримання правових норм.

Зі збільшенням x :

- ефективність стабілізується;
- безпека зростає;
- ризики зменшуються.

Сценарно це відображається так:

Таблиця 3.8

Залежності показників

Показник	Сценарій А	Сценарій В	Сценарій С
Ефективність	нестабільна	середня	стабільна
Безпека	низька	середня	висока
Ризик	високий	середній	мінімальний

3.7.3. Графіки витрат і часу.

Для аналізу динаміки транспортного процесу доцільно використовувати графічне представлення залежностей витрат і часу від умов перевезень та правових обмежень.

1. Графік залежності витрат від кількості рейсів:

$$F(x) = a \cdot x + b + C_{\text{штраф}}(x)$$

де штрафна складова зростає при перевищенні нормативів.



Рис. 3.4 – Графік залежності витрат від кількості рейсів

2. Графік часу перевезення:

$$T(x) = \frac{L}{V_{\text{доп}}} \cdot x$$



Рис. 3.5 – Графік часу перевезення

3. Графік “витрати – безпека”:

$$S = h(F)$$



Рис. 3.6 – Графік “витрати – безпека”

Узагальнення візуалізації. Візуалізація дозволяє:

- інтегрувати результати моделювання в єдину систему аналізу;
- наочно продемонструвати вплив правових обмежень на параметри перевезень;
- оцінити ефективність управлінських рішень у різних сценаріях;
- підвищити рівень сприйняття навчального матеріалу.

Застосування інфографіки, схем та графіків у навчальному процесі сприяє формуванню системного бачення транспортних процесів і забезпечує глибше розуміння взаємозв’язку між технічними, економічними та правовими аспектами діяльності.

3.8 Узагальнення результатів моделювання та оцінка ефективності з урахуванням правових обмежень

Узагальнення результатів моделювання транспортних процесів передбачає комплексну оцінку впливу правових обмежень на ефективність, безпеку та стабільність функціонування транспортної системи. На основі проведених розрахунків, сценарного та оптимізаційного аналізу встановлено, що правові норми виступають не лише обмежувальним фактором, а й інструментом забезпечення раціональної організації перевезень.

3.8.1. Інтегральна оцінка ефективності транспортного процесу.

Для узагальнення результатів доцільно використовувати інтегральний показник ефективності, який враховує економічні, технічні та правові параметри:

$$E_{\text{інт}} = \alpha \cdot E + \beta \cdot S + \gamma \cdot (1 - R)$$

де $E_{\text{інт}}$ – інтегральна ефективність;

E – економічна ефективність;

S – рівень безпеки;

R – ризик порушення правових норм;

α, β, γ – вагові коефіцієнти:

$$(\alpha + \beta + \gamma = 1).$$

З урахуванням результатів сценарного аналізу:

$$E_{\text{інт}}^C > E_{\text{інт}}^B > E_{\text{інт}}^A$$

що підтверджує доцільність повного дотримання правових обмежень.

3.8.2. Узагальнення впливу правових норм на параметри моделі.

Правові обмеження впливають на всі ключові елементи транспортного процесу:

1. Часові параметри:

$$T = \sum t_i \leq T_{\max}$$

2. Вантажні характеристики:

$$q_i \leq Q_{\text{доп}}$$

3. Швидкісні режими:

$$V_i \leq V_{\text{доп}}$$

4. Витрати ресурсів:

$$F = f(L, q, V)$$

Сукупний вплив цих обмежень формує допустиму область рішень:

$$\Omega = \{x \mid T \leq T_{\max}, q \leq Q_{\text{доп}}, V \leq V_{\text{доп}}\}$$

3.8.3. Аналіз стійкості транспортного процесу.

Стійкість транспортної системи визначається здатністю функціонувати без порушення правових норм у змінних умовах. Формально це можна представити як:

$$\Delta Z \rightarrow \min \text{ при } x \in \Omega$$

де ΔZ – відхилення ефективності при зміні умов.

Сценарій С демонструє найменшу чутливість до зовнішніх змін, оскільки всі параметри знаходяться в межах нормативних значень. У сценаріях А та В відхилення є значно більшими через наявність правових ризиків.

3.8.4. Освітня інтерпретація результатів.

Отримані результати моделювання можуть бути безпосередньо використані у навчальному процесі для формування професійних компетентностей. Зокрема, студенти отримують можливість:

- аналізувати транспортні процеси з урахуванням правових обмежень;
- оцінювати наслідки порушення нормативних вимог;
- здійснювати вибір оптимальних рішень у межах допустимих параметрів;
- розвивати навички системного мислення.

Навчальне моделювання у такому форматі дозволяє інтегрувати теоретичні знання з практичними аспектами професійної діяльності.

3.8.5. Узагальнена модель прийняття рішень.

Процес прийняття рішень у транспортній системі з урахуванням правових обмежень може бути представлений у вигляді функції:

$$x^* = \arg \max_{x \in \Omega} Z(x)$$

де x^* – оптимальне рішення;

Ω – множина допустимих рішень, сформована правовими обмеженнями.

Таким чином, правові норми визначають не лише обмеження, але й структуру оптимального рішення.

3.8.6. Практичне значення отриманих результатів

Отримані результати можуть бути використані:

- при розробці навчальних курсів з транспортної логістики;
- у процесі підготовки фахівців автомобільного транспорту;
- для створення навчальних кейсів і ситуаційних задач;

- при впровадженні інноваційних методів навчання, зокрема імітаційного моделювання.

Проведений аналіз підтверджує, що інтеграція правових обмежень у моделювання транспортних процесів забезпечує підвищення ефективності, безпеки та стійкості функціонування транспортних систем. Використання такого підходу у навчальному процесі дозволяє сформувати у майбутніх фахівців комплексне бачення професійної діяльності та готовність до роботи в умовах реального нормативно-правового середовища

3.9 Результати дослідження

У третьому розділі було здійснено комплексне дослідження транспортних процесів із використанням методів математичного та імітаційного моделювання з обов'язковим урахуванням нормативно-правових обмежень. Отримані результати дозволяють сформулювати такі узагальнення.

По-перше, встановлено, що правові обмеження є невід'ємною складовою транспортних процесів і мають бути інтегровані в моделі перевезень як система жорстких обмежень. До основних правових факторів, що впливають на результати моделювання, віднесено режим праці та відпочинку водіїв, габаритно-вагові обмеження транспортних засобів, швидкісні режими руху, а також вимоги до технічного стану транспортних засобів. Їх формалізація у вигляді математичних залежностей дозволила визначити допустиму область рішень та виключити варіанти, що суперечать законодавству.

По-друге, у процесі побудови моделі транспортного процесу було доведено, що врахування правових обмежень безпосередньо впливає на основні експлуатаційні показники: час перевезень, оборотність транспортних засобів, витрати пального та загальні ресурси. Зокрема, обмеження робочого часу водіїв визначає максимальну кількість рейсів, а габаритно-вагові норми впливають на розподіл вантажів і вибір типу транспортного засобу.

По-третє, проведений розрахунок витрат пального та ресурсів показав, що дотримання правових норм сприяє стабілізації експлуатаційних показників та запобігає виникненню додаткових витрат, пов'язаних із порушенням законодавства. Включення штрафних санкцій до моделі дозволило оцінити економічні наслідки правопорушень і довести, що короткострокова вигода від їх ігнорування є економічно необґрунтованою.

По-четверте, сценарний аналіз продемонстрував суттєві відмінності між варіантами організації перевезень залежно від рівня дотримання правових норм. Сценарій повного ігнорування обмежень характеризується підвищеними ризиками, значними штрафними витратами та низькою стійкістю. Часткове врахування норм дозволяє зменшити ризики, однак не забезпечує повної відповідності законодавству. Найбільш ефективним у довгостроковій перспективі є сценарій повного дотримання правових вимог, який забезпечує стабільність, безпеку та передбачуваність транспортного процесу.

По-п'яте, оптимізаційний аналіз підтвердив, що правові обмеження формують допустиму область рішень, у межах якої здійснюється пошук оптимального варіанту організації перевезень. При цьому оптимальне рішення визначається не лише економічними критеріями, а й відповідністю нормативно-правовим вимогам, що суттєво змінює підхід до управління транспортними системами.

По-шосте, застосування методів візуалізації дозволило наочно представити результати моделювання та продемонструвати вплив правових обмежень на параметри транспортного процесу. Використання інфографіки маршрутів, схем ефективності та графіків витрат і часу забезпечує підвищення зрозумілості результатів і сприяє їх ефективному використанню у навчальному процесі.

По-сьоме, узагальнення результатів показало, що інтеграція правових норм у моделі транспортних процесів підвищує стійкість системи та знижує ризики, пов'язані з порушенням законодавства. Формування інтегрального

показника ефективності дозволило врахувати економічні, технічні та правові фактори в єдиній системі оцінювання.

Отже, результати проведеного дослідження підтверджують, що моделювання транспортних процесів з урахуванням правових обмежень є ефективним інструментом аналізу та оптимізації перевезень. Такий підхід дозволяє забезпечити баланс між економічною доцільністю та дотриманням законодавства, що є необхідною умовою функціонування сучасних транспортних систем.

Крім того, отримані результати мають важливе освітнє значення, оскільки дозволяють формувати у майбутніх фахівців автомобільного транспорту здатність приймати обґрунтовані рішення в умовах нормативно-правових обмежень, що відповідає сучасним вимогам професійної підготовки.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання роботи було здійснено комплексне дослідження транспортних процесів із застосуванням методів математичного та імітаційного моделювання з урахуванням нормативно-правових обмежень. Отримані результати дозволяють сформулювати такі узагальнені висновки.

У першому розділі було проаналізовано теоретичні основи організації транспортних процесів та досліджено нормативно-правове забезпечення автомобільних перевезень. Встановлено, що функціонування транспортних систем відбувається в умовах жорсткого регулювання, яке визначає допустимі параметри перевезень, зокрема тривалість роботи водіїв, габаритно-вагові характеристики транспортних засобів, швидкісні режими руху та вимоги до технічного стану. Обґрунтовано, що ігнорування цих факторів у навчальному процесі призводить до формування у майбутніх фахівців неповного уявлення про реальні умови професійної діяльності.

У другому розділі було розроблено математичну модель транспортного процесу з урахуванням правових обмежень. Правові норми було формалізовано у вигляді системи обмежень, що визначають допустиму область рішень. Показано, що інтеграція правових вимог у модель змінює структуру задачі оптимізації, оскільки оптимальне рішення формується не лише за економічними критеріями, але й з урахуванням нормативної допустимості. Запропонований підхід дозволяє поєднати технічні, економічні та правові аспекти організації перевезень.

У третьому розділі виконано практичне моделювання транспортного процесу, проведено розрахунок часу перевезень, оборотності транспортних засобів, витрат пального та інших ресурсів. Встановлено, що правові обмеження безпосередньо впливають на всі ключові параметри транспортного процесу, визначаючи максимально допустимі значення експлуатаційних показників. Проведений сценарний аналіз показав, що ігнорування правових норм може призводити до тимчасового підвищення економічної ефективності,

однак супроводжується значними ризиками, штрафними санкціями та зниженням безпеки. Найбільш раціональним є сценарій повного дотримання правових вимог, який забезпечує стабільність функціонування транспортної системи та мінімізацію ризиків.

Оптимізаційний аналіз підтвердив, що правові обмеження формують допустиму область рішень, у межах якої здійснюється пошук оптимального варіанту організації перевезень. Включення штрафних санкцій до моделі дозволило оцінити економічні наслідки порушення законодавства та довести доцільність дотримання правових норм навіть з точки зору економічної ефективності у довгостроковій перспективі.

Застосування методів візуалізації результатів моделювання забезпечило наочне представлення впливу правових обмежень на параметри транспортного процесу та підвищило рівень їх інтерпретації. Використання інфографіки, схем і графіків дозволило інтегрувати результати аналізу в єдину систему оцінювання ефективності, безпеки та ризиків.

Узагальнення результатів дослідження показало, що інтеграція правових обмежень у моделювання транспортних процесів сприяє підвищенню ефективності, стійкості та безпеки транспортних систем. Запропонований підхід дозволяє сформувати комплексну модель прийняття рішень, у якій враховуються економічні, технічні та правові фактори.

Отримані результати мають важливе практичне та освітнє значення. Використання моделей транспортних процесів з урахуванням правових обмежень у навчальному процесі сприяє формуванню у майбутніх фахівців автомобільного транспорту здатності приймати обґрунтовані управлінські рішення в умовах нормативно-правового середовища, що відповідає сучасним вимогам до їх професійної підготовки.

Таким чином, поставлену мету роботи досягнуто, а всі визначені завдання вирішено. Запропоновані підходи до моделювання транспортних процесів можуть бути використані як у навчальній діяльності, так і при вирішенні практичних задач організації автомобільних перевезень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про автомобільний транспорт». Відомості Верховної Ради України. 2001. №22.
2. Закон України «Про дорожній рух». Відомості Верховної Ради України. 1993. №31.
3. Правила дорожнього руху України. Затверджені постановою Кабінету Міністрів України від 10.10.2001 №1306.
4. Закон України «Про транспорт». Відомості Верховної Ради України. 1994. №51.
5. Закон України «Про електронні документи та електронний документообіг». Відомості Верховної Ради України. 2003. №36.
6. Закон України «Про електронні довірчі послуги». Відомості Верховної Ради України. 2017. №45.
7. ДСТУ 4100:2021. Безпека дорожнього руху. Знаки дорожні. Загальні технічні умови.
8. ДСТУ 3587:2022. Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди.
9. Гриценко С.І. Можливості маркетингу та логістики в сталому розвитку регіонів України. Вісник економічної науки України. 2017. № 1 (32). С. 36—39.
10. Дуна Н., Матвієнко А. Перспективи розвитку українського ринку автомобільних вантажоперевезень: євроінтеграційний аспект. Науковий вісник Ужгородського національного університету. 2022. Випуск 44. С. 21–29.
11. Козлова Г. М. Методика викладання у вищій школі: Навчальний посібник./ Г.М. Козлова. – Одеса: ОНЕУ, ротапринт, 2014. – 200 с.
12. Нагаєв В. М. Методика викладання у вищій школі. Навчальний посібник. -К.: ЧП, 2007. - 211 с.

13. Павленко О.В., Шрамепко Н.Ю., Северін О.О., Горбачов П.Ф., Калініченко О.П. Математичні методи оптимізації транспортних процесів: навчальний посібник. – Харків: Видавництво ЗНАДУ, 2008. – 204 с.
14. Славич В.П., Єльник В.В. Оптимізація процесу доставки вантажу газопостачального підприємства. Вісник ХНТУ. 2023. № 2(85). С. 84 – 89.
15. Теоретико-методичні засади використання цифрових технологій в Україні шляхом впровадження досвіду ЄС: колективна монографія / Славич В.П. та ін. – Запоріжжя, 2024. 246 с. ISBN 978-617-8064-49-5