

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Навчально-науковий інститут енергетичної, інформаційної та транспортної
інфраструктури

Кафедра транспортних систем і логістики

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
бакалавра

на тему **Проектування технології перевезень вантажів**
добовим обсягом 7,3 тонни

Виконав: студент 4 курсу, групи ТТ 2022-2
спеціальності 175 «Транспортні технології»,
освітньої програми «Транспортні технології
(міський транспорт)»

Шомін В. М.

Керівник: Бурко Д. Л.

Рецензент: Копитков Д. М.

Харків - 2026 року

**Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова**

ІНП Інженеричної, інформаційної та транспортної інфраструктури
Кафедра Транспортних систем і логістики

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Спеціальність 275 «Транспортні технології (за видами)»

проф. Куш Є. І.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

проф. Куш Є. І.

20 26 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Шомпу Віталію Михайловичу
прізвище, ім'я по батькові

1. Тема проекту (роботи) Проєктування технології перевезень вантажів
добовим обсягом 7,3 тонни

керівник проекту (роботи) доц. Бурко Д. Л., к. т. н.
(прізвище, ім'я по батькові, посада, місце роботи)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "22" травня 2026 р.
№ 440-03.

Строк подання студентом проекту (роботи) 15 червня 2026 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) координати пунктів заванезення вантажів,
марки транспортних засобів та їх вантажність, теоретичний матеріал для
аналізу методів підвищення ефективності перевезень вантажів в міському
сполученні

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити) Вступ. Дослідження теоретичних положень. Проєктування
процесу перевезень вантажів на маршрутах. Організація дорожнього руху на
перехресті. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових
креслень) Основні положення і результати роботи представлені у
електрошому вигляді з використанням офісного пакету PowerPoint

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Дипломна робота	Інж. кафедри ТС ІІІ Тетяна І. О.		

7. Дата видачі завдання 01.05.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк	Примітка
		виконання етапів роботи	
1	Дослідження теоретичних положень	01.05-14.05.26	
2	Проектування процесу перевезень вантажів на маршрутах	15.05-27.05.26	
3	Організація дорожнього руху на перехресті	28.06-07.06.26	
4	Оформлення пояснювальної записки	08.06-15.06.26	

Студент

Шомін В. М.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Бурко Д. Н.
(прізвище та ініціали)

Додаток
до завдання на кваліфікаційну роботу студенту
Шоміну Віталію Михайловичу

Таблиця 1 – Перелік пунктів завезення вантажу

№	Пункти	Координати		Обсяг заванозу, кг.
		Довгота	Широта	
1	Склад	49.965714423834655	36.16258946218442	-
2	"РОСТ"	49.98602179075745	36.191649542871624	400
3	"РОСТ"	49.985851042715794	36.26271134934857	375
4	"РОСТ"	50.00041824048184	36.2082946955969	350
5	"РОСТ"	49.96851916015944	36.32742768519834	340
6	"РОСТ"	50.0251282764483	36.34871369486776	320
7	"РОСТ"	50.007373895184815	36.27867585660068	360
8	"РОСТ"	49.97724107887848	36.294812025221	340
9	"РОСТ"	49.947756844716676	36.319531262256454	280
10	"РОСТ"	49.9451056914689	36.37566452969114	380
11	"РОСТ"	50.06253603266702	36.22245097783219	300
12	"Чудо-маркет"	49.98232973077564	36.24293111175464	170
13	"Чудо-маркет"	49.984094526740486	36.155479802130074	310
14	"Чудо-маркет"	50.016096748599374	36.21328838025092	240
15	"Чудо-маркет"	50.03445789288563	36.217201655273154	490
16	"Чудо-маркет"	50.058476902590805	36.20464668170766	190
17	"Чудо-маркет"	50.035897394295965	36.23819495197306	270
18	"Чудо-маркет"	50.035386737810214	36.24095341562416	340
19	"Чудо-маркет"	49.98868125465648	36.26856319521162	290
20	"Чудо-маркет"	49.98399092082997	36.2691033260399	160
21	"Чудо-маркет"	50.00737220816461	36.31701594083258	440
22	"Чудо-маркет"	50.02285621452792	36.33586406316636	200
23	"Чудо-маркет"	50.046396027750434	36.28650802513296	125
24	"Чудо-маркет"	50.04905953271913	36.29483246461562	380
25	"Чудо-маркет"	49.971951278235714	36.30409369494143	250
-	Сума	-	-	7300

Таблиця 2 - Характеристики транспортних засобів

Вантажність, т.	Марка ТЗ
1,0	Volkswagen Transporter (T6.1) 2.0 TDI
1,5	Renault Master 1.2H2 FWD dCI 180
2,0	Ford Transit R350 1.4H3
2,5	IVECO Daily 50C1811 V
3,0	JAC N56

Таблиця 3 – Зміна обсягів перевезень вантажів

Місяць	Обсяги перевезень вантажів, т.		
	2023	2024	2025
Січень	150,1	156,2	183,0
Лютий	153,6	189,7	156,3
Березень	177,2	175,8	185,1
Квітень	154,8	154,4	185,1
Травень	156,8	173,3	181,4
Червень	166,9	172,0	159,5
Липень	187,2	158,7	184,6
Серпень	152,4	171,4	150,1
Вересень	159,9	154,1	175,4
Жовтень	174,4	184,8	162,7
Листопад	167,9	177,7	166,1
Грудень	163,6	175,3	151,7
Разом	1964,8	2043,5	2041,0

Студент

Шомін В. М.

Керівник роботи

Бурко Д. П.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: сторінок 61, рисунків 19, таблиць 30,
джерел 11.

Об'єкт дослідження: процес перевезень вантажів.

Мета роботи: проектування технології перевезень вантажів добовим
обсягом 7,3 тони.

Методи дослідження: аналітичні, прогнозування, моделювання,
розрахункові, табличні.

Отримані результати: проаналізовані методи підвищення ефективності
перевезень вантажів у міському сполученні; спрогнозовано обсяги перевезень
вантажів на 2026 рік з оптимістичним та песимістичним сценарієм;
спроєктовані розвізні маршрути доставки клібообульонних виробів за кожною
тонажністю та розраховані параметри цих маршрутів; проведено вибір
транспортного засобу за вантажопідйомністю; визначені змінні, постійні та
загальні витрати на перевезення вантажів за кожною маркою автомобіля;
визначено кількість поїздів роз'їздів, тривалість проміжних тактів для фаз,
цикл світлофорного регулювання, тривалість основного такту, побудована на
основі розрахунків циклограма, визначено показник складності перехрестя.

Рекомендації з виводження: процес моделювання може бути
застосований на реальних об'єктах перевезень тарно-штучних та паливних
вантажів на розвізних маршрутах.

ВАНТАЖ, ПРОГНОЗУВАННЯ, МАРШРУТ,
МОДЕЛЮВАННЯ, ВИТРАТИ, ПЕРЕХРЕСТЯ

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ПОЛОЖЕНЬ	9
1.1. Аналіз методів підвищення ефективності перевезень вантажів в міському сполученні	9
1.2. Висновки до розділу	18
РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ПІДРІЗНІВНІЯ ЗААНТАЖІВ ПІА МАРШРУТАХ	20
2.1. Пропонування зміни обсягів перевезень вантажів на маршруті	20
2.2. Проєктування розвізних маршрутів доставки вантажів в умовах міста	21
2.3. Вибір марки транспортного засобу	35
2.4. Визначення собівартості перевезень вантажів	39
2.5. Висновки по розділу	43
РОЗДІЛ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ	45
3.1. Розрахунок параметрів світлофорного регулювання	45
3.2. Визначення затримок руху	53
3.3. Висновки до розділу	57
ВИСНОВКИ	58
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	60

ПРИЙНЯТО 17.02.2022-2 ТТ ХХХ...ХХ ПЗ

Випр.	Ірк.	Автори	Імена	Ініці
Розроб.		Григорів Р.М.		
Перевір.		Бурко І.І.		
П. контр.		Бурко І.І.		
Помк.		Бурко І.І.		

Підготувальна записка

Випр.	Ірк.	Листів
к	р	б
	7	61
ХНУМГ ім. О.М. Бекетова		

ВСТУП

У сучасних умовах глобального розвитку та стрімкої урбанізації міст і для стабільного функціонування економіки країни є критично важливий рівень ефективності транспортної системи. В Україні на перевезення вантажів та товарів автомобільним транспортом припадає ледьова частка усіх вантажоперевезень за видами транспорту завдяки високій мобільності, маневреності та можливості реалізації концепції доставки «door to door» на малі та середні відстані.

Проте зростання обсягів споживання послуг на вантажні перевезення та запровадження певних підходів на їх перевезення, таких як «just-in-time», «last mile delivery» тощо, а також підвищення вимог на швидкість доставки кидають виклики транспортним компаніям у межах мегаполісів. Умови середніх та великих міст, що характеризуються тривалими заторами, щільним транспортним графіком, енричнення дорожньо-транспортних пригод, обмеженими зонами для паркування та розвантажувальних-навантажувальних робіт, а також атмосферним та шумовим забрудненням створюють додаткові бар'єри для ефективної вантажної логістики і розвитку сталого міста.

Для вирішення проблем, які перешкоджають роботі в транспортній системі міста має бути аналітичний підхід до існуючих методів підвищення ефективності перевезень, а також використання методів прогнозування, моделювання транспортних процесів та обґрунтування логістичних рішень, раціональний вибір маршруту та транспортного засобу може запобігти скороченню надлишкового пробігу, витрати пального та підвищити продуктивність рухомого складу.

Кім.	Друк	№ зовніш.	Підпис	Датум

РОЗДІЛ І

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ПОЛОЖЕНЬ

1.1. Аналіз методів підвищення ефективності перевезень вантажів в міському сполученні

Глобальний розвиток тенденцій характеризується прискореною урбанізацією та економічною активністю в міських агломераціях. Висока концентрація населення та бізнесу зумовлює колосальні обсяги споживання матеріальних ресурсів товарів і послуг. У таких умовах вантажний міський транспорт грає роль базової інфраструктурної ланки, що забезпечує доставку товарів широкого вжитку магазинів, фармацевтичної продукції до лікарень, будівельних матеріалів до об'єктів будівництва, сировини та комплектуючих до промислових підприємств, що допомагає підтримувати рівень товарного забезпечення торівельних мереж та інтегрувати локальних виробників і ретейлерів у загальний ланцюг постачання. Жодна сфера міського господарства не може функціонувати без налагодженої системи вантажних перевезень.

Частіше питання вантажоперевезень ігноруються в межах міського сполучення, навідрізину від пасажироперевезень. Деякі дослідження вантажних перевезень звертають увагу на управління та експлуатацію мережі, не звертаючи уваги на зв'язок між міським розвитком на перевезення вантажів у місті [1].

Особливе значення перевезення вантажів набуває у економічній сфері діяльності міста, виступаючи сполучною ланкою між учасниками логістичного ланцюга, що у свою чергу забезпечує вчасне надходження матеріалів та реалізацію готової продукції [1].

Концепція міської логістики функціонує в умовах обмеженого простору, тому кожен з учасників тісно взаємодіє між собою та має свої цілі та вимоги

Автори	Датум	№ документа	Місце	Дата

до перевезень (табл. 1.1), які зачасти можуть призводити до виникнення суперечностей між ними.

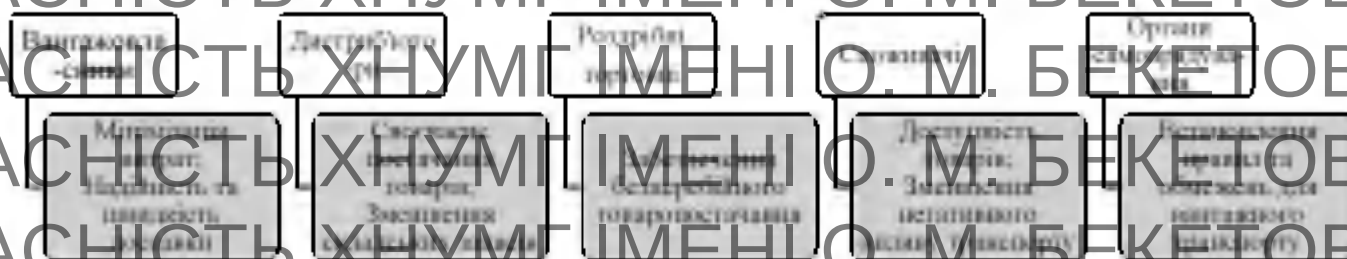


Рисунок 1.1 Зацікавлені сторони у розподілі вантажів

Незважаючи на спільну мету стейкхолдерів у забезпеченні безперервного процесу доставки товарів, інтереси учасників міської логістики часто є суперечливими. Власники вантажу, наприклад, прагнуть скоротити час доставки, тоді як органи місцевого самоврядування зосереджені на зменшенні транспортного навантаження, у свою чергу споживачі зацікавлені у зниженні шумового та атмосферного рівня забруднення, інтенсивності руху вантажного транспорту в житлових районах [2]. Оскільки зацікавлені сторони іноді мають різні погляди на міські вантажні перевезення, для досягнення прогресу у сталих для життя міст необхідна координація між ними [2].

Основними напрямками реалізації концепції «City Logistics» є створення логістичних центрів, консолідація вантажів, координація учасників логістичного процесу. Реалізація таких заходів може сприяти підвищенню ефективності перевезень та зменшенню впливу вантажного транспорту на навколишнє середовище. Однією з характерних особливостей сучасних міських вантажних перевезень є постійне зростання попиту на швидкі та регулярні доставки. Це пов'язано насамперед із розвитком електронної комерції (e-commerce). Споживачі послуг дедалі частіше очікують отримання

товарів у день замовлення або протягом декількох годин, що змушує операторів логістичних компаній підвищувати оперативність транспортного обслуговування. Іншою важливою особливістю є збільшення частки дрібнопартійних перевезень. Це призводить до збільшення кількості навантаження на дорожню мережу та необхідності ефективного планування процесу перевезення.

«Часові вікна». Є потужним інструментом для регулювання міських вантажопотоків. Сутність даного підходу полягає у визначенні проміжків часу, протягом яких дозволяється здійснювати доставку вантажів до певних районів міста. Необхідність застосування часових вікон обумовлюється високою інтенсивністю руху, де вантажний транспорт конкурує за дорожній простір з громадським та приватним транспортом. Така конкуренція у години пік супроводжується затримками у доставці, збільшення перебування транспортного засобу у рейсі та експлуатаційних витрат. Встановлення часових обмежень для вантажного транспорту дозволяє перенести частину вантажопотоків на періоди меншої завантаженості транспортної мережі міста, що може сприяти рівномірному розвитку транспортних потоків впродовж доби. Надмірно жорсткі часові рамки можуть навпаки ускладнити процес планування перевезень. Тому сучасні підходи передбачають використання гнучких правил впровадження цього методу, залежно від особливостей транспортної інфраструктури та інтенсивності руху.

«Нічний доставка». Цаний метод передбачає перенесення транспортних перевезень та розвантажувально-навантажувальних операцій на нічний час доби, коли інтенсивність дорожнього руху є мінімальною. Стабільне зростання навантажень на транспортну мережу міста та рух в таких умовах призводить до тривалості рейсів, зниження продуктивності рухомого складу, перевитрат пального. Перенесення частини вантажопотоків на нічний час дозволяє уникнути заторів. В умовах мінімальної інтенсивності дорожнього руху вантажні автомобілі здатні притримуватися стабільної швидкості, від чого прямопропорційно залежить витрата палива. З переваг такого методу можна

віднести покращення екологічних показників [3]. Суть полягає у тому, що вночі дорожньо-вулична мережа не завантажена рухом порівняно з днем. Це забезпечує підвищення ефективності доставки завдяки зменшенню трафіку, і це також означає, що відбувається менше простоїв розгонів та уповільнень [3]. За статтю [4] на прикладі 13-го округу м. Париж, Франція, був проведений експеримент за нічною доставкою, у якому взяли участь багато приватних та державних зацікавлених сторін, де за результатами стало відомо:

- у порівнянні з денними рейсами, час нічних скоротився на одну годину;
- викиди парникових газів скоротилися на 8%;
- затори у місті зменшилися на 18%;
- середній час розвантаження скоротився на 8 хвилин.

Таким чином, нічна доставка є ефективним, але складним методом для підвищення продуктивності міських перевезень. Організація нічних доставок може потребувати додаткових витрат з забезпеченням оплатою праці персоналу, додаткові заходи безпеки та використання нових обладнань для зменшення шумового забруднення [4].

«Перевезення збірних вантажів». LTD або Less than truckload – це метод перевезення вантажів зі спільним використанням вантажного простору. Перевізник консолідує дрібні замовлення від різних виробників в один транспортний засіб для подальшої доставки різним одержувачам. Навідміну від методу завантаження повної вантажівки (FTL, Full truckload), де одній партії вантажу призначена вантажівка, метод LTD є більш економічно вигідним для невеликих вантажів, але займає більше часу через часті зупинки [5]. Практично вся система LTD працює через центр консолідації вантажів (UFCC, urban freight consolidation centres), це логістичні комплекси, які розташовані поблизу міських районів, де товари призначені для кінцевих пунктів доставки консоліднуються перед відправленням. Як визначено в роботі [6] вони спрямовані на зменшення заторів та неефективності міських вантажних перевезень шляхом оптимізації доставки «останньої милі». Центр консолідації вантажів – проміжний вузол, де вантажі постачальників

об'єднуються для скоординованої доставки в щільні забудови міста. Через процеси перевантаження або крос-докінг існують ризики механічних ушкоджень вантажу, тому для логістичних операторів це вимагає контролю за сумісністю товарів у кузові та певних інвестицій в покращенні пакування вантажу. Іншим недоліком є збільшення часу доставки, необхідність сортування, маркування, навантаження на транспортний засіб та інші технологічні операції збільшують час виконання замовлення.

«Мікрологістичні хаби». У продовження теми центрів консолідації вантажів, немалу увагу можна приділити локальним мікрохабам. За статтю [7] мікрохаби – це ініціативи, що керуються постачальниками транспортних послуг, які розташовані поблизу кінцевих споживачів. Діяльність мікрохабів є логістичне впровадження та обробка вантажів у центральній частині міста [7].

Таблиця 1.1 – Переваги та недоліки діяльності мікрохабів та їх результати

Переваги методу	
Переваги	Результат
Зниження концентрації вантажівок в транспортному потоці	Зниження заторів
Оптимізація «останньої милі»	Підвищення швидкості доставки
Скорочення логістичних витрат	Зниження собівартості перевезення
Можливість використання електротранспорту	Зниження екологічних наслідків
Недоліки методу	
Недоліки	Результат
Потреба координації зацікавлених сторін	Ускладнення управління

Продовження табл. 1.1

1	2
Перевантаження вантажу	Ризик пошкодження вантажу
Необхідність створення інфраструктури	Значні початкові інвестиції
Залежність ефективності від вантажопотоку	Не завжди доцільно для малих міст

Розміщення мікрохабів ближче до кінцевих споживачів створює умови для використання екологічних транспортних засобів для доставок «останньої милі». Для розподілу вантажів можуть використовуватися фургоони на електричній тязі, вантажні електровелосипеди та інші малогабаритні транспортні засоби, які характеризуються меншим рівнем шкідливих викидів. Окрім того, функціонування мікрохабів сприяє розподілу навантаження між районами міста, що у свою чергу сприяє зниженню заторів у місті та дозволяє підвищити ефективність транспортної інфраструктури [7].

Трансформація доставки вантажів «останньої милі» за допомогою пошто마트ів та пунктів «PUDO». Пункти «PUDO» від англійської Pick Up and Drop Off є сучасним напрямком в логістиці для видачі та прийому товарів і вантажів. Серед зростання попиту на дрібнопартійні відправлення та їх швидкості доставки одним з рішень стало створення розгалужених мереж автоматизованих поштоматыів та пунктів «видачі та приймання». Даний підхід спрямований на оптимізацію процесів доставки «останньої милі», також це дозволить зменшити кількість індивідуальних доставок до кожного окремого одержувача [8]. Навідрміну від традиційної системи доставки транспортний засіб мусить робити окрему поїздку або заїзнику для обслуговування клієнта. Використання поштоматыів та пунктів суттєво скорочує кількість адрес доставки, оскільки один пункт видачі може обслуговувати десятки або сотні одержувачів. Це також може усунути проблему невдалих кур'єрських доставок, коли одержувач відсутній за адресою у певний час, у такому випадку вантаж

доставляється до визначеного пункту видачі один раз, такий процес доставки робить метод гнучким та надійним. Проте, у цьому методі є певні обмеження.

Ефективність залежить значною мірою від густоти розміщення мережі поштоматів та пунктів, окрім того, їх використання обмежується габаритами та характеристиками вантажів, що можуть бути розміщені в автоматизованих комірках.

Інтелектуальні транспортні системи та динамічна маршрутизація в сфері вантажних перевезень. Планування маршрутів в класичній логістиці традиційно спирається на статичні алгоритми такі як алгоритм Дейкстри, Белла-Форда, А-стап тощо, які розраховують найкоротші відстані між географічним розташуванням на початку робочої зміни, але за умов урбанізації статичне планування демонструє не високу ефективність через ігнорування хаотичну динаміку міського середовища: дорожньо-транспортні пригоди, затори, ремонтні роботи, непередбачувані коливання часу обслуговування клієнтів, погодні умови. Методом для вирішення цієї проблеми є впровадження ІТС (інтелектуальних транспортних систем). ІТС являє собою комплекс програмно-технічних засобів, призначених для збору, обробки, аналізу та передачі інформації про транспортні процеси з метою підвищення їх функціонування [9]. Застосування ІТС у галузі вантажних перевезень дає змогу забезпечувати аналіз транспортних потоків, моніторинг руху транспортних потоків, дослідження дорожньої ситуації та прискорене прийняття на основі цих даних управлінських рішень [9]. Основою таких аспектів є супутникові навігаційні технології, датчики моніторингу, зв'язку та спеціальні програмні забезпечення. Особливого розвитку даний підхід набув з появою технологій штучного інтелекту (ШІ). Сучасні системи ШІ здатні аналізувати великий масив даних про дорожній рух на певній ділянці міста, прогнозувати зміни транспортної ситуації та знаходити оптимальні маршрути з врахуванням різних критеріїв, якщо типова навігаційна система фіксує вже наявний факт заторів або дорожньо-транспортних пригод, то алгоритми штучного інтелекту вже можуть прогнозувати їх виникнення на основі

Автори	Дати	№ редакції	Місяць	Рік

статистичних даних. Це дозволяє формувати маршрут виходячи не лише з поточної ситуації, а й очікуваних змін у майбутньому. Сучасні ГТС дозволяють отримати клієнтам дані про місцезнаходження вантажу у реальному часі, прогнозований час прибуття транспортного засобу та можливі затримки доставки, це підвищує прозорість логістичних процесів та сприяє рівню задоволеності споживачів транспортних послуг [9]. До переваг такого методу відносяться й певні труднощі в реалізації: значні капіталовкладення на створення та підтримку цифрової інфраструктури, необхідність використання сучасних засобів зв'язку, а також потреба у кваліфікованому персоналі для обслуговування цих систем.

На рис. 1.2 зображений перелік чинників, які можуть безпосередньо впливати на ефективність перевезень на вантажному транспорті.



Рисунок 1.2 Чинники впливу на ефективність перевезення вантажів автомобільним транспортом у міському сполученні

Автори	Датум	№ докум.	Місце	Дата

Нормативно-правові чинники охоплюють сукупність законодавчих, адміністративних та регуляторних вимог, які визначають умови здійснення перевезень містом. Їх вплив полягає у формуванні обмежень та правил експлуатації транспортних засобів, що впливають на маршрути, графіки роботи та організацію транспортного процесу. До таких належать:

- Обмеження руху вантажівок в окремих районах міста;
- Часові обмеження на в'їзд вантажівок до центральних частин міста;
- Вагові та габаритні обмеження транспортних засобів;
- Вимоги до ліцензування транспортної діяльності;
- Вимоги щодо безпеки дорожнього руху;
- Екологічні нормативи та стандарти.

Екологічні чинники. Характеризують взаємозв'язок між транспортною діяльністю та навколишнім середовищем, а також вимогами щодо забезпечення сталого розвитку міських територій. Все більше значення набуває через впровадження екологічної політики міст та необхідністю скорочення шкідливих викидів. До них належать:

- Створення екологічних зон у містах;
- Рівень викидів парникових газів;
- Шумове навантаження від руху транспортних засобів;
- Екологічні стандарти транспортних засобів;
- Впровадження електричного та гібридного транспорту.

Інфраструктурні чинники пов'язані зі станом транспортної інфраструктури міста та визначають швидкість та надійність доставки товарів та вантажів. До чинників належать:

- Пропускна спроможність вулично-дорожньої мережі;
- Технічний стан дорожнього покриття;
- Кількість та розташування транспортних вузлів;
- Наявність паркомісць для стоянок автомобілів;
- Розвиток складської логістики;

Затори та рівень завантаженості доріг.
Логістичні та операційні чинники характеризують процес організації перевезень, визначають використання транспортних ресурсів. До них належать:

- Рівень завантаження автомобілів;
- Організація розвізних маршрутів;
- Наявність порожніх пробігів;
- Планування маршрутів руху;
- Тривалість навантажувально-розвантажувальних операцій;
- Консолідація вантажопотоків.

Таким чином, ефективність вантажних перевезень у міському сполученні в більшості залежить від таких перелічених чинників. Інфраструктури та нормативні чинники формують зовнішні умови функціонування транспортної системи, тоді як логістичні та операційні визначають рівень організації перевезень та можуть бути оптимізовані транспортними підприємствами.

1.2 Висновки до розділу

У ході досліджень методів підвищення ефективності перевезень вантажів в міському сполученні автомобільним транспортом за допомогою наукових статей, дожерел та інтернет ресурсів окреслено деякі сучасні інноваційні підходи. Такі підходи поєднують у собі організаційні, технологічні та інформаційні рішення, які спрямовані на зменшення транспортних витрат, покращення логістичного обслуговування та скорочення навантаження мережу міста.

В межах розділу описано, що кожна з зацікавлених сторін має свою мету, цілі та критерії оцінювання ефективності перевезень, що обумовлює виникнення конфлікту інтересів між учасниками логістичного процесу та потребує компромісних управлінських рішень. Серед методів розглянуто:

«Часові вікна», «Нічна доставка», «Перевезення збірних вантажів»,
«Мікрологістичні хаби», «Доставка вантажів з допомогою поштоматів та
пунктів PUDO»

РОЗДІЛ 2

ПРОЄКТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ НА МАРШРУТАХ

2.1. Прогнозування зміни обсягів перевезень вантажів на маршруті

Для прийняття обґрунтованих управлінських рішень з динамічними змінами ринку транспортних послуг необхідно враховувати тенденції цих самих змін вантажопотоків та оцінити вплив на результат діяльності підприємства. Адаптація до змін вимагає постійного коригування поточних процесів та підходів. Становище будь якого підприємства у майбутньому переважно залежить від рішень, які прийняті сьогодні [10].

Існують два типи прогнозування залежно від цілей дослідження. Популюковий прогноз орієнтований більш на виявленні природних тенденцій без втручання, такий тип прогнозування показує, що відбувається, якщо ситуація не змінюється. Нормативний прогноз є інструментом активного управління, підручням для прийняття конкретних рішень. Спочатку розробляється бажані орієнтири у майбутньому, потім визначаються необхідні кроки та зміни у діяльності для досягнення результатів [10].

Для побудови моделі прогнозування були застосовані ретроспективні дані щомісячних обсягів перевезень вантажів автомобільним транспортом, що у сукупності становило 36 періодів (2023–2025р.) (табл. 3 зазначення).

Прогнозне моделювання було побудовано у програмному середовищі «MS Excel» з використанням функції «Аркуш прогнозу». У налаштуваннях до інструменту було вручну встановлено фактор сезонності на рівні 12. Так важливе налаштування дозволило порівняти місяці різних років між собою, а також ідентифікувати річний календар коливань попиту.

У результаті моделювання було отримано точкові прогнози значень обсягів перевезень на 2026 рік та розраховано верхню та нижню довірчу межу з рівнем надійності 95% (рис. 2.1).

ІНН ЕНІ ТСН ТТ 2022-2 ТТ АХХ...ХХ ПЗ					Лист № 20
Апр.	Дан.	№ періоду	Місяць	Рік	

Лінія передбачення репродукує хвилі минулих років. З нею можна побачити типовий весняний підйом (періоди 36-39) обсягом 157-181 тону. На нижній та верхній довірчій границі зона невизначеності поширюється ближче до кінця усього прогнозного періоду (періоди 46-48), це обумовлено накопиченням ймовірністних похибок у часі.

Середня симетрична абсолютно відстокова помилка (SMAPE) становить 0,09%. Це є ознакою математичної точності моделі, що має високий рівень визначеності. Середня абсолютна помилка (MAE) дорівнює 15,94 тону, що для таких паданих середніх обсягів маршруту є прийнятним.



Рисунок 2.1 Прогнозування обсягів вантажів

2.2. Проектування розвізних маршрутів доставки вантажів в умовах міста

У цьому підрозділі за допомогою програмного забезпечення «VRP» (Vehicle Routing Problem) були спроектовані розвізні маршрути в умовах міста. На прикладі міста Харкова за додатком «Google Maps» визначено розподільний центр, пункти завою товару та занесені їх координати, а також у межах 7,3 тон розподілено обсяг завою за кожним пунктом (табл. 1 завдання). Згідно

№	Дир.	№ вантажів	Місцевість	Вантаж
1	1	1	1	1

визначених даних були розраховані параметри маршрутів для кожного вантажного автомобіля різною вантажопідйомністю (табл. 2 завантаження).

Розв'язні маршрути для кожного з транспортного засобу сформовані та представлені на рис. (2.2-2.6).

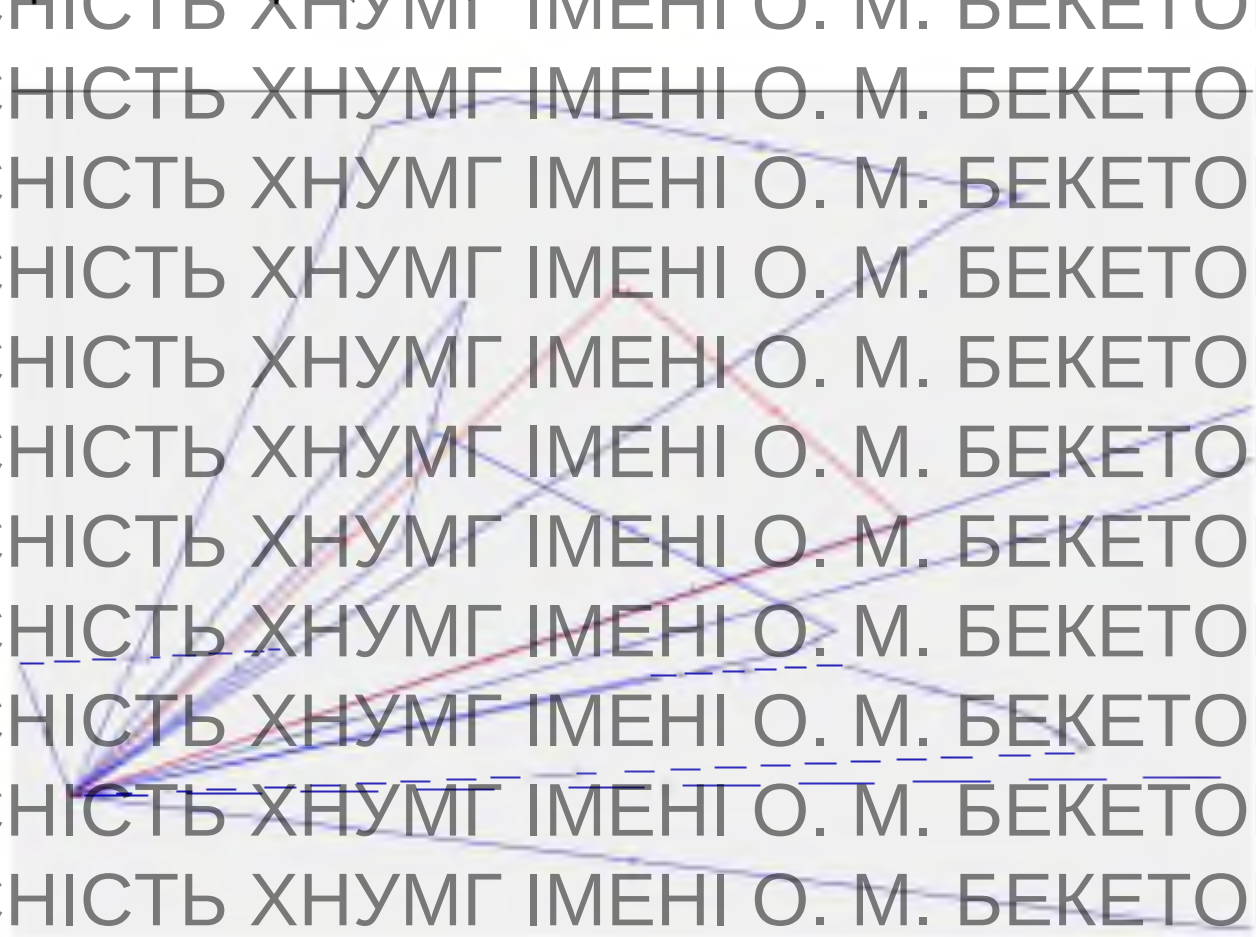


Рисунок 2.2 – Розв'язні маршрути для транспортного засобу вантажністю 1,0 тони

Зазначаємо параметри функціонування маршрутів для вантажного автомобіля вантажністю у 1,0 тону в табл. (2.1-2.8).

тип	дир	№ вантаж	Місце	Вантаж

Таблиця 2.1 – Параметри функціонування першого розвізного маршруту

№ заїзду	Код пункту	Пункт заводу	Заїзд, год.хв.	Вийзд, год.хв.	Завезення, кг	Вивезення, кг	Пробіг від склади, км
0	0	Склад	7:50	8:00	0	970	0
1	16	"Чудо-маркет" 6	8:18	8:26	270	0	9,495
2	7	"Чудо-маркет" 7	8:27	8:35	540	0	9,7
3	6	"РОСТ" 6	8:44	8:52	360	0	14,135
0	0	Склад	9:11	9:11	0	0	23,452

Таблиця 2.2 – Параметри функціонування другого розвізного маршруту

№ заїзду	Код пункту	Пункт заводу	Заїзд, год.хв.	Вийзд, год.хв.	Завезення, кг	Вивезення, кг	Пробіг від склади, км
0	0	Склад	7:49	8:00	0	1000	0
1	4	"РОСТ" 4	8:23	8:32	340	0	11,797
2	6	"РОСТ" 6	8:40	8:49	380	0	16,121
3	8	"РОСТ" 8	8:57	9:05	280	0	20,16
0	0	Склад	9:28	9:28	0	0	31,557

Таблиця 2.3 – Параметри функціонування третього розвізного маршруту

№ заїзду	Код пункту	Пункт заводу	Заїзд, год.хв.	Вийзд, год.хв.	Завезення, кг	Вивезення, кг	Пробіг від склади, км
0	0	Склад	7:52	8:00	0	710	0
1	1	"РОСТ" 1	8:06	8:15	400	0	3,073
2	12	"Чудо-маркет" 2	8:20	8:28	310	0	5,669
0	0	Склад	8:32	8:32	0	0	7,776

Таблиця 2.4 – Параметри функціонування четвертого розвізного маршруту

№ заїзду	Код пункту	Пункт завою	Заїзд, год.хв.	Вийзд, год.хв.	Завезення, кг	Вивезення, кг	Пробіг від складу, км
0	0	Склад	7.50	8.00	0	905	0
1	2	"РОСТ" 2	8.15	8.23	375	0	7,504
2	18	"Чудо-маркет" 8	8.24	8.32	290	0	8,028
3	13	"Чудо-маркет" 3	8.42	8.50	240	0	13,019
0	0	Склад	9.03	9.03	0	0	19,693

Таблиця 2.5 – Параметри функціонування п'ятого розвізного маршруту

№ заїзду	Код пункту	Пункт завою	Заїзд, год.хв.	Вийзд, год.хв.	Завезення, кг	Вивезення, кг	Пробіг від складу, км
0	0	Склад	7.51	8.00	0	840	0
1	3	"РОСТ" 3	8.10	8.18	350	0	5,058
2	14	"Чудо-маркет" 4	8.26	8.36	490	0	8,897
0	0	Склад	8.53	8.53	0	0	17,482

Таблиця 2.6 – Параметри функціонування шостого розвізного маршруту

№ заїзду	Код пункту	Пункт завою	Заїзд, год.хв.	Вийзд, год.хв.	Завезення, кг	Вивезення, кг	Пробіг від складу, км
0	0	Склад	7.49	8.00	0	995	0
1	22	"Чудо-маркет" 12	8.25	8.31	125	0	12,61
2	23	"Чудо-маркет" 13	8.32	8.41	380	0	13,274
3	10	"РОСТ" 10	8.52	9.00	300	0	18,656
4	15	"Чудо-маркет" 5	9.03	9.09	190	0	20,005

Продовження табл. 2.6

0	0	Склад	9:31	9:31	0	0	30,752
---	---	-------	------	------	---	---	--------

Таблиця 2.7 – Параметри функціонування сьомого розвізного маршруту

№ заїзду	Код пункту	Пункт завою	Заїзд, год.:хв.	Виїзд, год.:хв.	Завезення, кг	Вивезення, кг	Пробіг від складу, км
0	0	Склад	7:50	8:00	0	960	0
1	20	"Чудо-маркет" 10	8:23	8:33	440	0	11,976
2	5	"РОСТ" 5	8:39	8:47	120	0	14,981
3	21	"Чудо-маркет" 11	8:49	8:56	200	0	15,933
0	0	Склад	9:24	9:24	0	0	29,858

Таблиця 2.8 – Параметри функціонування восьмого розвізного маршруту

№ заїзду	Код пункту	Пункт завою	Заїзд, год.:хв.	Виїзд, год.:хв.	Завезення, кг	Вивезення, кг	Пробіг від складу, км
0	0	Склад	7:50	8:00	0	920	0
1	11	"Чудо-маркет" 1	8:12	8:18	170	0	6,037
2	19	"Чудо-маркет" 9	8:22	8:29	160	0	7,918
3	7	"РОСТ" 7	8:33	8:41	340	0	9,904
4	24	"Чудо-маркет" 14	8:43	8:50	250	0	10,791
0	0	Склад	9:11	9:11	0	0	20,938

Рисунок 2.3 – Розвізні маршрути для транспортного засобу вантажністю 1,5
тонн

Зазначаємо параметри функціонування маршрутів для вантажного
автомобіля вантажністю у 1,5 тонн в табл. (2.9-2.14).

Таблиця 2.9 – Параметри функціонування першого розвізного маршруту

№ заїзду	Код пункту	Пункт завезу	Заїзд, год.хв.	Вийзд, год.хв.	Завезення, кг	Вивезення, кг	Пробіг від складу, км
0	0	Склад	7.45	8.00	0	1410	0
1	9	"Чудо-маркет" 9	8.45	8.22	160	0	7,886
2	24	"Чудо-маркет" 14	8.28	8.35	250	0	10,725
3	4	"РОСТ" 4	8.38	8.47	340	0	12,437
4	9	"РОСТ" 9	8.56	9.04	380	0	16,761
5	8	"РОСТ" 8	9.42	9.20	280	0	20,79
0	0	Склад	9.43	9.43	0	0	32,197

Таблиця 2.10 – Параметри функціонування другого розвізного маршруту

№ заїзду	Код пункту	Пункт завою	Заїзд, год.хв.	Вийзд, год.хв.	Завезення, кг	Вивезення, кг	Пробіг від складу, км
0	0	Склад	7:45	8:00	0	1415	0
1	13	"Чудо-маркет" 3	8:13	8:20	240	0	6,674
2	8	"Чудо-маркет" 8	8:30	8:38	290	0	11,665
3	7	"РОСТ" 7	8:43	8:51	340	0	13,933
4	2	"РОСТ" 2	8:56	9:05	375	0	16,421
5	1	"Чудо-маркет" 1	9:08	9:14	170	0	17,889
0	0	Склад	9:27	9:27	0	0	23,926

Таблиця 2.11 – Параметри функціонування третього розвізного маршруту

№ заїзду	Код пункту	Пункт завою	Заїзд, год.хв.	Вийзд, год.хв.	Завезення, кг	Вивезення, кг	Пробіг від складу, км
0	0	Склад	7:56	8:00	0	310	0
1	12	"Чудо-маркет" 2	8:04	8:12	310	0	2,107
0	0	Склад	8:16	8:16	0	0	4,214

Таблиця 2.12 – Параметри функціонування четвертого розвізного маршруту

№ заїзду	Код пункту	Пункт завою	Заїзд, год.хв.	Вийзд, год.хв.	Завезення, кг	Вивезення, кг	Пробіг від складу, км
0	0	Склад	7:47	8:00	0	1240	0
1	1	"РОСТ" 1	8:06	8:15	400	0	3,073
2	3	"РОСТ" 3	8:19	8:27	350	0	5,064

Продовження табл. 2.12

3	14	"Чудо-маркет" 4	8:55	8:45	490	0	8,903
0	0	Склад	9:02	9:02	0	0	17,488

Таблиця 2.13 Параметри функціонування п'ятого розвізного маршруту

№ заїзду	Код пункту	Пункт завою	Заїзд, год.хв.	Вийзд, год.хв.	Завезення, кг	Вивезення, кг	Пробіг від складу, км
0	0	Склад	7:45	8:00	0	1460	0
1	6	"РОСТ" 6	8:18	8:27	160	0	9,317
2	17	"Чудо-маркет" 7	8:36	8:44	340	0	13,752
3	16	"Чудо-маркет" 6	8:44	8:52	270	0	13,957
4	10	"РОСТ" 10	8:58	9:06	300	0	17,126
5	15	"Чудо-маркет" 5	9:09	9:16	190	0	18,475
0	0	Склад	9:38	9:38	0	0	29,222

Таблиця 2.14 Параметри функціонування шостого розвізного маршруту

№ заїзду	Код пункту	Пункт завою	Заїзд, год.хв.	Вийзд, год.хв.	Завезення, кг	Вивезення, кг	Пробіг від складу, км
0	0	Склад	7:45	8:00	0	1465	0
1	20	"Чудо-маркет" 10	8:23	8:33	440	0	11,976
2	21	"Чудо-маркет" 11	8:37	8:44	300	0	14,163
3	5	"РОСТ" 5	8:46	8:54	320	0	15,418
4	23	"Чудо-маркет" 13	9:04	9:12	380	0	19,795
5	22	"Чудо-маркет" 12	9:14	9:20	125	0	20,459
0	0	Склад	9:45	9:45	0	0	33,069

Рисунок 2.4 Розв'язні маршрути для транспортного засобу вантажністю 2,0 тони

Зазначаємо наразці функціонування маршрутів для вантажного автомобіля вантажністю у 2,0 тони в табл. (2.15-2.18).

Таблиця 2.15 – Параметри функціонування першого розв'язного маршруту

№ заїзду	Код пункту	Пункт заводу	Заїзд, год.:хв.	Виїзд, год.:хв.	Завезення, кг	Вивезення, кг	Шлях від складу, км
0	0	Склад	7:39	8:00	0	1990	0
1	14	"Чудо-маркет" 4	8:17	8:27	490	0	8,585
2	10	"РОСТ" 10	8:33	8:41	300	0	11,73
3	16	"Чудо-маркет" 6	8:47	8:55	270	0	14,899
4	17	"Чудо-маркет" 7	8:55	9:04	340	0	15,104
5	13	"Чудо-маркет" 3	9:10	9:17	240	0	18,021
6	3	"РОСТ" 3	9:21	9:29	350	0	19,801
0	0	Склад	9:39	9:39	0	0	24,859

Таблиця 2.16 – Параметри функціонування другого розвізного маршруту

№ заїзду	Код пункту	Пункт завою	Заїзд, год.хв.	Вийзд, год.хв.	Завезення, кг	Вивезення, кг	Пробіг від складу, км
0	0	Склад	7:45	8:00	0	1415	0
1	11	"Чудо-маркет" 1	8:12	8:18	170	0	6,037
2	9	"Чудо-маркет" 9	8:22	8:29	160	0	7,918
3	2	"РОСТ" 2	8:30	8:38	375	0	8,42
4	1	"РОСТ" 1	8:49	8:58	400	0	13,503
5	2	"Чудо-маркет" 2	9:03	9:11	310	0	16,099
0	0	Склад	9:45	9:15	0	0	18,206

Таблиця 2.17 – Параметри функціонування третього розвізного маршруту

№ заїзду	Код пункту	Пункт завою	Заїзд, год.хв.	Вийзд, год.хв.	Завезення, кг	Вивезення, кг	Пробіг від складу, км
0	0	Склад	7:39	8:00	0	1995	0
1	4	"РОСТ" 4	8:23	8:32	340	0	11,797
2	20	"Чудо-маркет" 10	8:40	8:50	440	0	16,182
3	21	"Чудо-маркет" 11	8:54	9:01	200	0	18,369
4	5	"РОСТ" 5	9:03	9:11	320	0	19,321
5	23	"Чудо-маркет" 13	9:21	9:29	380	0	24,001
6	22	"Чудо-маркет" 12	9:31	9:37	125	0	24,665
7	15	"Чудо-маркет" 5	9:49	9:56	190	0	30,664
0	0	Склад	10:17	10:17	0	0	41,411

Таблиця 2.18 – Параметри функціонування четвертого розвізного маршруту

№ залізу	Код пункту	Пункт завантаження	Зачад. год.хв.	Визд. год.хв.	Завезення, кг	Вивезення, кг	Пробіг від складу, км
0	0	Склад	7.40	8.00	0	1900	0
1	8	"РОСТ" 8	8.22	8.30	280	0	11,407
2	9	"РОСТ" 9	8.38	8.47	380	0	15,436
3	24	"Чудо-маркет" 14	8.59	9.06	250	0	21,364
4	7	"РОСТ" 7	9.08	9.16	340	0	22,251
5	6	"РОСТ" 6	9.23	9.31	360	0	25,415
6	18	"Чудо-маркет" 8	9.35	9.43	290	0	27,238
0	0	Склад	9.59	9.59	0	0	35,237

Рисунок 2.5 Розвізні маршрути для транспортного засобу вантажністю 2,5 тони

Зазначаємо параметри функціонування маршрутів для вантажного автомобіля вантажністю у 2,5 тони в табл. (2.19-2.21).

Таблиця 2.19 – Параметри функціонування першого розвізного маршруту

№ заїзду	Код пункту	Пункт завою	Заїзд, год.хв.	Виїзд, год.хв.	Завезення, кг	Вивезення, кг	Пробіг від складу, км
0	0	Склад	7:35	8:00	0	2385	0
1	1	"Чудо-маркет" 1	8:12	8:18	170	0	6,037
2	24	"Чудо-маркет" 14	8:27	8:35	250	0	10,562
3	18	"Чудо-маркет" 8	8:41	8:49	290	0	13,712
4	2	"РОСТ" 2	8:50	8:59	375	0	14,236
5	13	"Чудо-маркет" 3	9:09	9:16	240	0	19,115
6	3	"РОСТ" 3	9:20	9:28	350	0	20,895
7	1	"РОСТ" 1	9:32	9:41	400	0	22,886
8	12	"Чудо-маркет" 2	9:46	9:54	310	0	25,482
0	0	Склад	9:59	9:59	0	0	27,589

Таблиця 2.20 – Параметри функціонування другого розвізного маршруту

№ заїзду	Код пункту	Пункт завою	Заїзд, год.хв.	Виїзд, год.хв.	Завезення, кг	Вивезення, кг	Пробіг від складу, км
0	0	Склад	7:35	8:00	0	2450	0
1	19	"Чудо-маркет" 9	8:15	8:22	160	0	7,886
2	7	"РОСТ" 7	8:28	8:34	340	0	9,872
3	6	"РОСТ" 6	8:41	8:49	360	0	13,036
4	17	"Чудо-маркет" 7	8:58	9:06	340	0	17,471
5	16	"Чудо-маркет" 6	9:07	9:15	270	0	17,676
6	0	"РОСТ" 10	9:21	9:29	300	0	20,845
7	15	"Чудо-маркет" 5	9:32	9:38	190	0	22,194
8	14	"Чудо-маркет" 4	9:44	9:54	490	0	25,012
0	0	Склад	10:11	10:11	0	0	33,597

Таблиця 2.21 – Параметри функціонування трього розвізного маршруту

№ залізу	Код пункту	Пункт завантаження	Заїзд, год.хв.	Вийїзд, год.хв.	Завантаження, кг	Вивантаження, кг	Пробїг від складу, км
0	0	Склад	7:35	8:00	0	2465	0
1	8	"РОСТ" 8	8:22	8:30	280	0	11,407
2	9	"РОСТ" 9	8:38	8:47	380	0	15,436
3	4	"РОСТ" 4	8:56	9:04	340	0	19,76
4	20	"Нудо-маркет" 10	9:13	9:22	440	0	24,145
5	21	"Нудо-маркет" 11	9:27	9:34	200	0	26,332
6	5	"РОСТ" 5	9:35	9:44	320	0	27,284
7	33	"Нудо-маркет" 13	9:53	10:02	380	0	31,964
8	22	"Нудо-маркет" 12	10:03	10:09	125	0	32,628
0	0	Склад	10:35	10:35	0	0	45,238

Рисунок 2.6 – Розвізні маршрути для транспортного засобу вантажністю 3 тони

Зазначаємо параметри функціонування маршрутів для вантажного автомобіля вантажністю у 3 тони в табл. (2.22-2.24).

Таблиця 2.22 Параметри функціонування першого розвізного маршруту

№ заїзду	Код пункту	Пункт завою	Заїзд, год.хв.	Вийзд, год.хв.	Завезення, кг	Вивезення, кг	Пробіг від склади, км
0	0	Склад	7.31	8.00	0	2875	0
1	14	"Чудо-маркет" 4	8.17	8.27	490	0	8,585
2	16	"Чудо-маркет" 6	8.30	8.37	270	0	10,093
3	17	"Чудо-маркет" 7	8.38	8.46	340	0	10,298
4	6	"РОСТ" 6	8.55	9.04	360	0	14,733
5	24	"Чудо-маркет" 14	9.12	9.19	250	0	18,707
6	7	"РОСТ" 7	9.21	9.29	340	0	19,594
7	19	"Чудо-маркет" 9	9.33	9.40	160	0	21,58
8	18	"Чудо-маркет" 8	9.41	9.49	290	0	22,103
9	2	"РОСТ" 2	9.50	9.59	375	0	22,627
0	0	Склад	10.14	10.14	0	0	30,131

Таблиця 2.23 Параметри функціонування другого розвізного маршруту

№ заїзду	Код пункту	Пункт завою	Заїзд, год.хв.	Вийзд, год.хв.	Завезення, кг	Вивезення, кг	Пробіг від склади, км
0	0	Склад	7.45	8.00	0	1470	0
1	12	"Чудо-маркет" 2	8.04	8.12	310	0	2,107
2	1	"РОСТ" 1	8.17	8.26	400	0	4,703
3	3	"РОСТ" 3	8.30	8.39	350	0	6,694
4	13	"Чудо-маркет" 3	8.42	8.49	240	0	8,474
5	11	"Чудо-маркет" 1	8.58	9.05	170	0	12,786

Продовження табл. 2.23

0	0	Склад	9:17	9:17	0	0	18,823
---	---	-------	------	------	---	---	--------

Таблиця 2.24 — Параметри функціонування третього розвізного маршруту

№ маршруту	Код пункту	Пункт завантаження	Заїзд, год.хв.	Вийзд, год.хв.	Завезення, кг	Вивезення, кг	Пробіг від складу, км
0	0	Склад	7:30	8:00	0	2955	0
1	8	"РОСТ" 8	8:22	8:30	280	0	11,407
2	9	"РОСТ" 9	8:38	8:47	380	0	15,436
3	4	"РОСТ" 4	8:56	9:04	340	0	19,76
4	20	"Чудо-маркет" 10	9:13	9:22	440	0	24,145
5	21	"Чудо-маркет" 11	9:27	9:34	200	0	26,332
6	5	"РОСТ" 5	9:35	9:44	320	0	27,284
7	23	"Чудо-маркет" 13	9:53	10:02	380	0	31,964
8	22	"Чудо-маркет" 12	10:03	10:09	25	0	32,628
9	10	"РОСТ" 10	10:19	10:27	300	0	37,542
10	15	"Чудо-маркет" 5	10:30	10:37	190	0	38,891
0	0	Склад	10:58	10:58	0	0	49,638

2.3. Вибір марки транспортного засобу

Добовий обсяг вантажних перевезень накладає ряд обмежень на перевезення за тонажністю, яка може бути застосована для вибору транспортного засобу. Організації вантажних перевезень повинна застосовуватися на раціональних підходах до вибору вантажності.

Раціональність заснована на тому, що бажано здійснювати перевізний процес вантажністю близькою до добового обсягу перевезення. Дане твердження висвітлює ще одну проблему, яка полягає у тому, що використання

великовантажних транспортних засобів на розвізних маршрутах у місті може збільшувати час праці водія на маршруті, що може суперечити вимогам до норм праці та відпочинку водіїв. З урахуванням зазначеного, представимо ряд вантажності від 1,0 тони до 3,0 тонн, маючи на увазі факт того, що спочатку будуть сформовані «короткі маршрути», а зі збільшенням вантажності транспортного засобу довжина маршрутів буде збільшуватися. Тому при формуванні розвізних маршрутів необхідною є умова відношування часу перебування водія в параді або на маршруті.

Для вантажності в 1 тону був обраний транспортний засіб марки Volkswagen Transporter (T6.1) (рис. 2.6).



Рисунок 2.7 Транспортний засіб моделі Volkswagen Transporter

Для вантажності в 1,5 тони була обрана модель Renault Master L2H2 (рис. 2.7).

тип	двиг	№ моделі	Модель	Вантаж



Рисунок 2.8 – Транспортний засіб моделі Renault Master L2H2

Для вантажності в 2 тони була обрана модель Ford Transit R350 L4H3

(рис. 2.8)



Рисунок 2.9 – Транспортний засіб моделі Ford Transit R350

Для вантажності в 2,5 тони була обрана модель IVECO Daily 50C18H V

(рис. 2.9)

Тип	Двиг	№ моделі	Модель	Вантаж

III ЕТІП ТТ 2022-2 ТТ АХХ...АХ ПЗ

Додаток

37



Рисунок 2.10 – Транспортний засіб моделі IVECO Daily 50C18NV

Для навантажності в 3 тони була обрана модель JAC N56 (рис. 2.11).

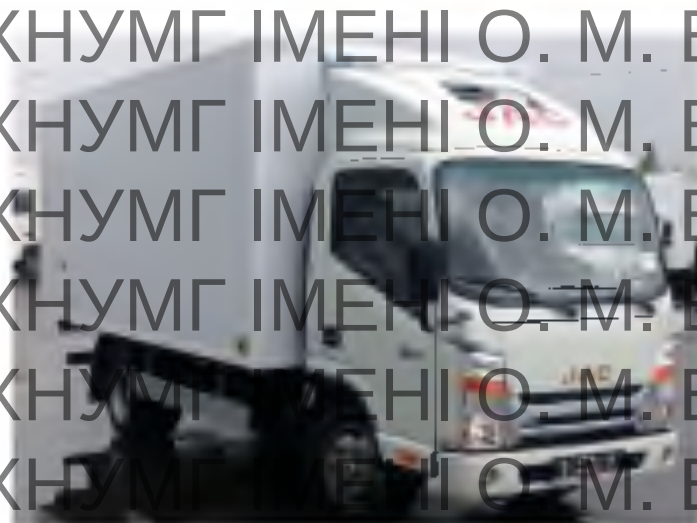


Рисунок 2.11 – Транспортний засіб моделі JAC N56

Важливою складовою для розрахунку загальних та постійних витрат є витрати палива транспортного засобу. Для марки на рис. 2.6 витрати палива у змінному циклі становили 6,6 л/100 км., для марки на рис. 2.7 витрати становили 6,9/100 км., для марки на рис. 2.8 витрати становили 7,9 л/100 км., для марки на рис. 2.9 витрати становили 11 л/100 км., для марки на рис. 2.10 витрати становили 13 л/100 км. Відомі значення застосовуємо для знаходження питомих витрат палива.

Автом.	Двиг.	№ моделі	Модель	Паливо

2.4. Визначення собівартості перевезень вантажів

Загальні транспортні витрати розраховуємо виходячи зі змінних і постійних витрат [11]:

$$B_{\text{заг}} = B_{\text{зм}} \cdot L + B_{\text{пост}} \cdot T, \quad (2.1)$$

де $B_{\text{зм}}$ – змінні витрати транспортного процесу, грн./км;

$B_{\text{пост}}$ – постійні витрати транспортного процесу, грн./год;

L – пробіг транспортного засобу, км;

T – час роботи на маршруті, год.

Змінні витрати транспортного процесу [11]:

$$B_{\text{зм}} = 0,113 \cdot q_{\text{н}}^{0,370} + 0,067 \cdot R_{\text{н}}^{0,092}, \quad (2.2)$$

де $R_{\text{н}}$ – питома витрата палива транспортного засобу, літ/100 км/т.

Постійні витрати процесу транспортування [11]:

$$B_{\text{п}} = 0,0234 q_{\text{н}}^{0,92} + 0,6078 A^{0,005}, \quad (2.3)$$

де A – кількість вантажних автомобілів, од.

З використанням формули (2.2) розраховуємо змінні витрати на транспортування автомобілем Volkswagen Transporter вантажністю 1 тону:

$$B_{\text{зм}} = (0,113 \cdot 1^{0,370} + 0,067 \cdot 6,6^{0,092}) \cdot 80 = 13,55 \text{ грн./км.}$$

На підставі формули (2.3) розраховуємо постійні витрати на транспортування автомобілем Volkswagen Transporter вантажністю 1 тону:

$$B_{\text{п}} = (0,234 \cdot 1^{0,002} + 0,6078 \cdot 1^{0,002}) \cdot 80 = 67,42 \text{ грн./год.}$$

Аналогічно проводимо розрахунки змінних і постійних витрат перевізного процесу для решти вантажних автомобілів (табл. 2.25).

Далі проводимо розрахунок загальних транспортних витрат. Вони будуть змінюватися залежно від параметрів транспортного процесу.

Для вантажного автомобіля Volkswagen Transporter вантажністю 1 тону за умови його використання на першому маршруті загальні транспортні витрати будуть дорівнювати за загального пробігу 23,452 км. та часу оберту 1,357 год:

$$B_{\text{т}}^1 = 13,55 \cdot 23,452 + 67,42 \cdot 1,357 = 409,21 \text{ грн.}$$

Таблиця 2.25 – Значення змінних та постійних витрат для автомобілів

Марка транспортного засобу	Вантажо-підйомність, т	Змінні витрати, грн./км	Постійні витрати, грн./год
Volkswagen Transporter (T6, L) 2.0 TDI	1	13,55	67,42
Renault Master L2H2 FWD dCi 180	1,5	15,03	75,88
Ford Transit R350 L4H3	2	16,16	84,12
IVECO Daily 50C18N V	2,5	17,01	92,19
JAC N56	3	17,80	100,13

Аналогічним чином визначаються транспортні витрати для інших марок транспортних засобів на всіх сформованих маршрутах. Результати представлені в табл. 2.26.

Таблиця 2.26 – Транспортні витрати для марок транспортних засобів

Вантажопідйом- ність	Номер маршруту	Час обертв, год.	Загальний пробіг, км	Обсяг перевезень, кг	Змінні витрати, грн./км	Постійні витрати	Загальні транспортні
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1,358	23,452	970	317,67	91,54	409,21
	2	1,638	31,557	1000	427,46	110,43	537,89
	3	0,666	7,776	710	105,33	44,87	150,20
	4	1,211	19,693	905	266,76	81,63	348,39
	5	1,032	17,482	840	236,81	69,59	306,40
	6	1,693	30,752	995	416,56	114,14	530,70
	7	1,568	29,858	960	404,45	105,71	510,16
1.5	8	1,341	20,938	920	283,62	90,37	374,00
	1	1,963	32,197	1410	483,92	148,91	632,83
	2	1,689	23,926	1415	359,61	128,13	487,74
	3	0,330	4,214	310	63,34	25,04	88,38
	4	1,249	17,488	1240	262,84	94,79	357,63
	5	1,880	29,222	1460	439,20	142,68	581,88
	6	2,010	33,069	1465	497,02	152,52	649,54
2	1	1,995	24,859	1990	401,68	167,79	569,46
	2	1,498	18,206	1415	294,18	126,01	420,19
	3	2,632	41,411	1995	669,13	221,37	890,49
	4	2,211	35,237	1900	569,37	194,36	763,72
	1	2,384	27,589	2385	469,29	219,79	689,08
2.5	2	2,606	33,597	2450	571,49	240,23	811,71

Продовження табл. 2.28

1	2	3	4	5	6	7	8
3	1	2,909	45,338	2465	769,50	276,46	1045,96
	2	1,537	18,823	1470	335,105	153,90	489,00
	3	3,476	49,638	2955	883,70	348,04	1231,74

Сумарні транспортні витрати для кожного варіанту розвізних маршрутів зазначені в табл. 2.27.

Залежність сумарних транспортних витрат від вантажності представлена на рис. 2.12.

Таблиця 2.27 Значення сумарних транспортних витрат

Марка транспортного засобу	Вантажопідйомність транспортного засобу, т	Загальні транспортні витрати, грн
Volkswagen Transporter (T6.1) 2.0 TDI		3166,94
Renault Master L2H2 FWD dCi 180	1,5	2798,00
Ford Transit R350 1.4H3	2	2643,86
IVECO Daily 50C18H V	2,5	2546,76
JAC N56	3	2536,04

Дир.	Дир.	Зб. вказує	Менедж.	Дир.



Рисунок 2.12 – Тенденція зміни сумарних транспортних витрат

Отримана залежність загальних витрат від вантажопідйомності транспортних засобів носить поліноміальний характер та описується поліномом другого ступеня з коефіцієнтом детермінації 0,9922. Побудована модель свідчить про доцільне використання марки автомобіля JAC N56 вантажопідйомністю три тони на розвізних маршрутах. Обґрунтовується даний вибір мінімальними загальними витратами для цієї марки вантажного автомобіля, які дорівнюють 2536,04 грн.

2.5. Висновки по розділу

У цьому розділі кваліфікаційної роботи було побудовано прогнозну модель на обсяги перевезення вантажів на маршрут. Прогноз будувався за допомогою вихідних даних на 2026 рік. При побудові моделі та для її адекватного математичного розрахунку було застосовано фактор сезонності на рівні 12. Модель прогнозує стабільний попит на 2026 рік обсягами з 151-180 тонами з весняним зростанням у березні-квітні місяці, стрімким зниженням у травні-червні місяці та піком у жовтні місяці.

Тип	Дат	№ докум	Місце	Дата

Також у розділі було спроектовано розвізні маршрути доставки вантажів. Були представлені координати пунктів заводу та складу, також додані обсяги перевезень за кожним пунктом у кілограмах в межах 7,3 тони. Для розвезення було обрано хлібобулочні вироби. Також було враховано витрати палива на 100 кілометрів в змішаному циклі. На основі відомих даних про тонажність та витрату палива розраховували питому витрату палива для подальших розрахунків постійних та змінних витрат. Собіварність перевезення вантажів було розраховано з урахуванням параметрів часу та пробігу на маршрутах. Встановлене значення загальних транспортних витрат, а також для прикладу були надані розрахунки автомобіля вантажопідйомністю в одну тону, де змінні та постійні витрати транспортного процесу становили 13,55 грн./км. та 67,42 грн./км. відповідно, а загальні витрати становили 409,21 грн.. Було побудовано тенденцію зміни сумарних витрат. Використання автомобіля марки JAC N56 є доцільним на розвізних маршрутах, він характеризується мінімальними загальними витратами, що становлять 2536,04 грн..

тип	дана	№ вказів	Місце	Дата

РОЗДІЛ 3

ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ

3.1 Розрахунок параметрів світлофорного регулювання

Найбільш вразливою частиною транспортної інфраструктури, де концентруються конфлікти потоки транспортних засобів та пішоходів, є перехрестя. Неєфективне розведення цих потоків у просторі та часі може викликати утворення заторів, збільшення затримок транспорту та зниження безпеки руху. Світлофорне регулювання є одним з методів організації дорожнього руху.

Розрахунок параметрів роботи світлофорного регулювання проводилося за наданим варіантом схеми перехрестя (рис. 3.1) та попередньо розрахованими вихідними даними потоків насичення для кожного напрямку руху і сумарну інтенсивність руху авто на підходах до перехрестя.



Рисунок 3.1 – Варіант схеми перехрестя

Після цих розрахунків та вибору кількості та ширини смуг руху на досліджуваному перехресті визначили кількість фаз регулювання та схему роз'їзду, результати рішень подали у вигляді схеми перехрестя з нанесенням епіюр інтенсивності руху для першої фази (рис. 3.2), для другої фази (рис. 3.3), для третьої фази (рис. 3.4).

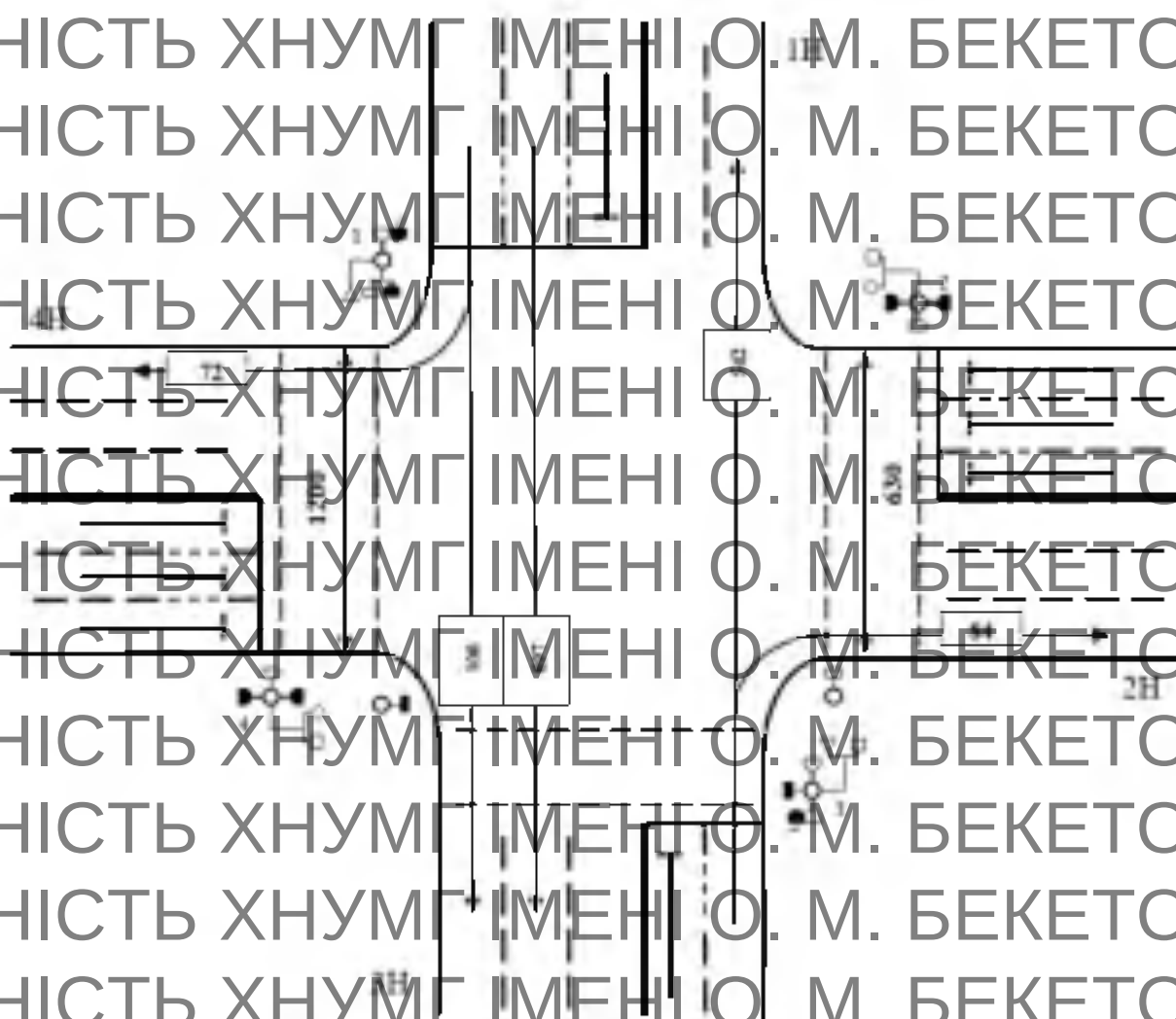


Рисунок 3.2 — Перша фаза світлофорного регулювання

Рисунок 3.3 – Друга фаза світлофорного регулювання

Рисунок 3.4 – Третя фаза світлофорного регулювання

Для напрямку руху в кожній фазі регулювання визначають фазові коефіцієнти:

$$Y_{i,j} = \frac{N_{ij}}{M_{ij}} \quad (3.1)$$

де $Y_{i,j}$ – фазовий коефіцієнт j -го напрямку руху в i -й фазі регулювання;

N_{ij} – інтенсивність руху в j -му напрямку i -ї фази регулювання, авт./год.

$$Y_{a1,1} = \frac{150}{1802} = 0,083,$$

$$Y_{a1,2} = \frac{600}{1925} = 0,311,$$

$$Y_{a1,3} = \frac{231}{1814} = 0,127,$$

$$Y_{a1,4} = \frac{600}{1925} = 0,311,$$

$$Y_{a1,5} = \frac{84}{1810} = 0,046,$$

$$Y_{a1,6} = \frac{78}{1824} = 0,043,$$

$$Y_{a2,1} = \frac{172}{1733} = 0,099,$$

$$Y_{a2,2} = \frac{697}{1925} = 0,362,$$

$$Y_{a2,3} = \frac{626}{1966} = 0,318,$$

$$Y_{a2,4} = \frac{146}{1824} = 0,080,$$

$$Y_{a2,5} = \frac{75}{1810} = 0,040.$$

Дир.	Дир.	Зв'язок	Менедж.	Інжен.

Як розрахункові фазові коефіцієнти для кожної фази Y_i приймають найбільші значення γ_i в кожній фазі ($Y_i = \max \{ \gamma_{ij} \}$).

$$\gamma_1 = 0.371,$$

$$\gamma_2 = 0.362,$$

$$\gamma_3 = 0.080,$$

Тривалість проміжних тактів у кожній фазі розраховують за формулою:

$$t_{in} = \frac{L_i \cdot (3.6(v_i + a_i))}{7.2 \cdot a_i} \quad (3.2)$$

де v_i – середня швидкість руху транспортних засобів у зоні перехрестя, км/год;

a_i – середнє уповільнення транспортного засобу при вмиканні сигналу, що забороняє рух, м/с²;

L_i – відстань від стоп-лінії до самої дальньої конфліктної точки перетинання з транспортними засобами, які починають рух у наступній фазі, м;

L_i – довжина транспортного засобу, що найбільш часто зустрічається у потоці, м.

$$t_{in} = \frac{35}{7.2 \cdot 4} \cdot \frac{3.6 \cdot (27 + 5)}{35} = 4 \text{ с}$$

$$t_{in} = \frac{35}{7.2 \cdot 4} \cdot \frac{3.6 \cdot (23.5 + 5)}{35} = 4 \text{ с}$$

$$t_{in} = \frac{35}{7.2 \cdot 4} \cdot \frac{3.6 \cdot (27 + 5)}{35} = 4 \text{ с}$$

Апр.	Дис.	№ докум.	Місце	Дата

Значення V приймають 35 км/год. Уповільнення $a = 3 \dots 4$ м/с²

Виходячи з вимог безпеки руху, приймають $t_n = 3 \dots 4$ с, незалежно від розрахункового значення.

Оскільки інтервали між послідовно прибуваючими транспортними засобами до перехрестя, як правило, неоднакові, тривалість циклу світлофорного регулювання розраховують за формулою Вебстера:

$$T_n = \frac{1,5T_n + 5}{1 - Y} \quad (3.3)$$

де T_n – сума тривалості проміжних тактів t_n , с;

Y – сума розрахункових фазових коефіцієнтів.

$$T_n = \frac{1,5 \cdot 12 + 5}{1 - 0,75} = 92 \text{ с}$$

$$T_n = \sum_{i=1}^k t_{ni} \quad (3.4)$$

$$T_n = 4 + 4 + 4 = 12 \text{ с}$$

$$Y = \sum_{i=1}^k Y_i \quad (3.5)$$

$$Y = 0,311 + 0,362 + 0,079 = 0,752$$

де k – число фаз регулювання.

Виходячи з вимог безпеки руху, незалежно від розрахункового значення приймають $T_n = 25 \dots 120$ с.

Тривалість основного такту в i -й фазі регулювання розраховують за формулою:

$$t_{\alpha} = \frac{(T_{\alpha} - T_{\alpha}) \cdot Y_i}{y} \quad (3.6)$$

Тривалість основного такту t_{oi} приймають не менше 7 с для забезпечення вимог безпеки руху.

$$t_{\alpha} = \frac{(92 - 12) \cdot 0.311}{0.75} = 34 \text{ с}$$

$$t_{\alpha} = \frac{(92 - 12) \cdot 0.362}{0.75} = 39 \text{ с}$$

$$t_{\alpha} = \frac{(92 - 12) \cdot 0.080}{0.75} = 9 \text{ с}$$

Час, необхідний для пропускання пішоходів по якомусь напрямку руху, розраховують за формулою:

$$t_{\pi\pi} = 5 + \frac{B}{V_{\pi\pi}} \quad (3.7)$$

де $V_{\pi\pi}$ — швидкість руху пішоходів, м/с.

$$t_{\pi\pi} = 5 + \frac{22}{1.3} = 22 \text{ с}$$

Для практичних розрахунків можна прийняти $V_{\pi\pi} = 1.3$ м/с. Якщо якісьбудь значення $t_{\pi\pi}$ більше тривалості відповідних основних тактів, то приймають $t_{oi} = t_{\pi\pi}$. Тривалість циклу в цьому випадку також необхідно

збільшити $(T_{\pi} = \sum_{i=1}^n t_{oi} + \sum_{i=1}^n t_{\pi i})$.

Результати розрахунку тривалості циклу регулювання представлено у вигляді табл. 3.1.

					Лист №
Вісн.	Дня	№ докум.	Місяця	Ріка	51

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку циклу регулювання

Фаза	1	2	3
Інтенсивність $M_{\text{д}}$, авт/год	4-2 753	4-3 78	4-1 57
Потік насичення $M_{\text{с}}$, авт/год	5 537	5 563	3 699
Фазовий коефіцієнт, $\gamma_{\text{ф}}$	0,083	0,311	0,127
Розрахунковий фазовий коефіцієнт, $\gamma_{\text{р}}$	0,046	0,04	0,099
Сума розрахункових фазових коефіцієнтів, γ	0,752		
Тривалість проміжного такту, $t_{\text{пр}}$, с	4		
Сума тривалостей проміжних тактів, $\sum t_{\text{пр}}$, с	12		
Тривалість циклу регулювання, $T_{\text{ц}}$, с	92		
Тривалість основного такту, $t_{\text{ос}}$, с	34	39	49
Час для пропуску пішоходів, $t_{\text{пеш}}$, с	22	19	
Тривалість скорегованого основного такту, $t_{\text{ос,с}}$, с	-	-	-
Тривалість циклу регулювання скорегована, $T_{\text{ц,с}}$, с			
Тривалість циклу регулювання, с			

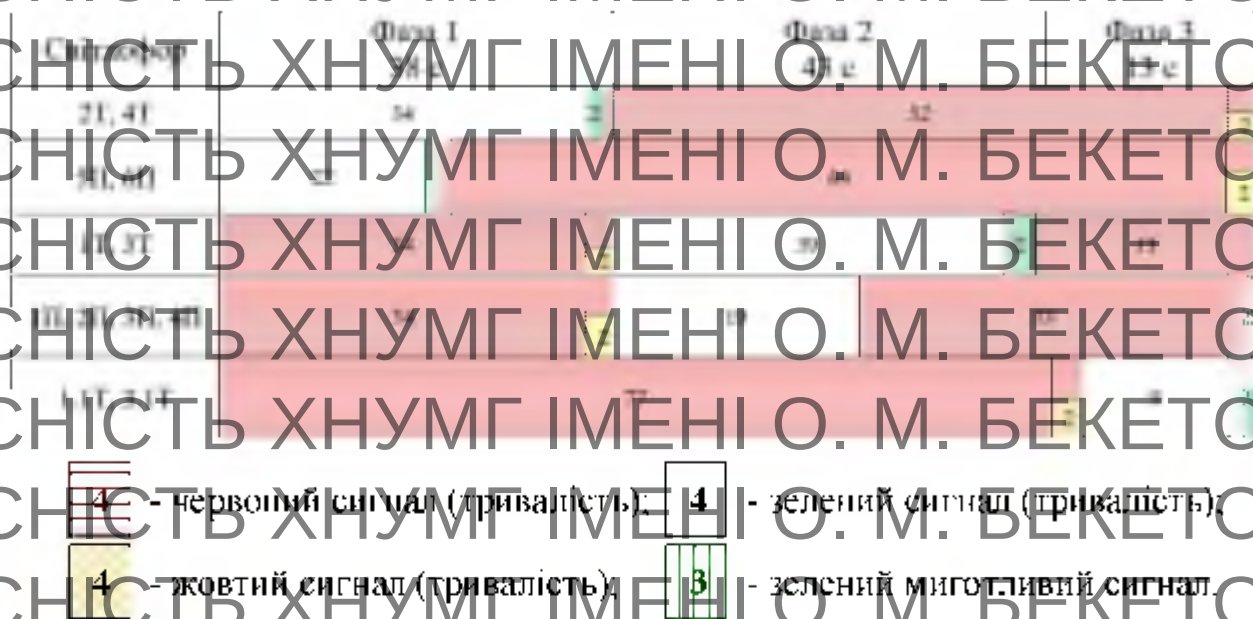


Рисунок 3.5 – Циклограма роботи світлофорного об'єкта.

3.2 Визначення затримок руху

Ступінь насичення напрямку руху x представляє собою відношення середнього числа транспортних засобів, що прибувають в даному напрямку до перехрестя протягом циклу до максимального числа транспортних засобів, що залишили перехрестя в тому ж напрямку протягом дозволяючого сигналу:

$$x_i = \frac{N_{ig} - T_{ig}}{M_{иг} - t_{ig}} \quad (3.8)$$

$$x_{1,1-2} = \frac{150 \cdot 92}{1802 \cdot 33} = 0,232; x_{1,1-1} = \frac{600 \cdot 92}{1925 \cdot 33} = 0,869; x_{1,2-3} = \frac{231 \cdot 92}{1814 \cdot 33} = 0,355;$$

$$x_{1,1-1} = \frac{600 \cdot 92}{1925 \cdot 33} = 0,869; x_{1,1-1} = \frac{84 \cdot 92}{1810 \cdot 33} = 0,129; x_{1,1-1} = \frac{78 \cdot 92}{1824 \cdot 33} = 0,119;$$

$$x_{1,2-1,2} = \frac{172 \cdot 92}{1733 \cdot 39} = 0,234; x_{1,2-1,2} = \frac{697 \cdot 92}{1925 \cdot 39} = 0,854; x_{1,2-1,2} = \frac{636 \cdot 92}{1966 \cdot 39} = 0,751.$$

Заторовий стан в цьому напрямку виникає при $x > 1$. Для забезпечення деякого резерву пропускної здатності слід прагнути до значення x , що не перевищує 0,85–0,90. Важливим з точки зору максимального використання пропускної здатності перехрестя є відсутність малонасичених напрямків та їх рівномірне завантаження.

З поражених вище ступіней насичення напрямків руху, можна зробити висновок, що напрямки першої фази (1-5 та 1-6) мають малонасичену ступінь, бо це лівоповоротні потоки, але це впливає на безпеку руху та все згідно правил пофазного роз'їзду.

Затримки транспортних засобів на регульованому перехресті для різних напрямків обчислюють за формулою Вебстера [5]:

$$t_{\text{вп}i} = 0,9 \cdot \left[\frac{t_{\text{ф}} \cdot (1 - \lambda)^2}{2 \cdot (1 - \lambda - \lambda \cdot x)} + \frac{x^2}{2 \cdot \lambda \cdot (1 - \lambda)} \right] \quad (3.9)$$

де λ – відношення тривалості основного такту до тривалості циклу регулювання;

x – ступінь насичення напрямку руху;

N – інтенсивність руху транспортних засобів в напрямку i в припущених одиницях, авт./с.

$$t_{\text{вп}1-2\text{ф}} = 0,9 \cdot \left[\frac{92 \cdot (1 - 0,36)^2}{2 \cdot (1 - 0,36 - 0,232)} + \frac{0,232^2}{2 \cdot 0,041 \cdot (1 - 0,232)} \right] = 19 \text{ с}$$

$$t_{\text{вп}1-3\text{ф}} = 0,9 \cdot \left[\frac{92 \cdot (1 - 0,36)^2}{2 \cdot (1 - 0,36 - 0,869)} + \frac{0,869^2}{2 \cdot 0,166 \cdot (1 - 0,869)} \right] = 88 \text{ с}$$

$$t_{\text{вп}1-4\text{ф}} = 0,9 \cdot \left[\frac{92 \cdot (1 - 0,36)^2}{2 \cdot (1 - 0,36 - 0,355)} + \frac{0,355^2}{2 \cdot 0,064 \cdot (1 - 0,355)} \right] = 22 \text{ с}$$

$$f_{\text{вп-2}} = 0,9 \cdot \left[\frac{92 \cdot (1 - 0,36)^2}{2 \cdot (1 - 0,36 \cdot 0,869)} + \frac{0,869^2}{2 \cdot 0,166 \cdot (1 - 0,869)} \right] = 88 \text{ с}$$

$$f_{\text{вп-5}} = 0,9 \cdot \left[\frac{92 \cdot (1 - 0,36)^2}{2 \cdot (1 - 0,36 \cdot 0,129)} + \frac{0,129^2}{2 \cdot 0,023 \cdot (1 - 0,129)} \right] = 18 \text{ с}$$

$$f_{\text{вп-6}} = 0,9 \cdot \left[\frac{92 \cdot (1 - 0,36)^2}{2 \cdot (1 - 0,36 \cdot 0,119)} + \frac{0,119^2}{2 \cdot 0,021 \cdot (1 - 0,119)} \right] = 19 \text{ с}$$

$$f_{\text{вп-1,2}} = 0,9 \cdot \left[\frac{92 \cdot (1 - 0,42)^2}{2 \cdot (1 - 0,42 \cdot 0,234)} + \frac{0,234^2}{2 \cdot 0,047 \cdot (1 - 0,234)} \right] = 15 \text{ с}$$

$$f_{\text{вп-4}} = 0,9 \cdot \left[\frac{92 \cdot (1 - 0,42)^2}{2 \cdot (1 - 0,42 \cdot 0,854)} + \frac{0,854^2}{2 \cdot 0,192 \cdot (1 - 0,854)} \right] = 75 \text{ с}$$

$$f_{\text{вп-2,11}} = 0,9 \cdot \left[\frac{92 \cdot (1 - 0,42)^2}{2 \cdot (1 - 0,42 \cdot 0,751)} + \frac{0,751^2}{2 \cdot 0,172 \cdot (1 - 0,751)} \right] = 44 \text{ с}$$

$$f_{\text{вп-7}} = 0,9 \cdot \left[\frac{92 \cdot (1 - 0,098)^2}{2 \cdot (1 - 0,098 \cdot 0,818)} + \frac{0,818^2}{2 \cdot 0,041 \cdot (1 - 0,818)} \right] = 77 \text{ с}$$

$$f_{\text{вп-3}} = 0,9 \cdot \left[\frac{92 \cdot (1 - 0,098)^2}{2 \cdot (1 - 0,098 \cdot 0,412)} + \frac{0,412^2}{2 \cdot 0,020 \cdot (1 - 0,412)} \right] = 39 \text{ с}$$

Середньозважену затримку для регульованого перехрестя $f_{\text{вп}}$ визначають так само, як і для нерегульованого перехрестя за формулою:

$$f_{\text{вп}} = \frac{f_{\text{вп}}}{n} \quad (3.10)$$

$$f_{\text{вп}} = \frac{504}{11} = 46$$

Отримані результати розрахунків для існуючої і пропонованої схем світлофорного регулювання звели до табл. 3.2.

Тип	Дир.	№ фаз	Мітинг	Дир.

Таблиця 3.2 Розрахунок затримок транспорту на регульованому перехресті

Фаза	Напрямок руху	Відношення $\lambda = d_{\text{доп}} / \lambda$	Ступінь насичення напрямку руху, χ	Інтенси́вність ТП, N , авт./с	Затримки ТЗ на регульованому перехресті, $t_{\text{зат}}$, с
1	(1-9-1); (4-11-1-2-10); (1-2-1-5-1-6)	0,36	0,232; 0,869; 0,355; 0,869; 0,129; 0,149	0,041; 0,166; 0,064; 0,166; 0,023; 0,021	19, 88, 22, 88, 18, 19
2	(2-4-12); (2-4-2-2-11)	0,42	0,234; 0,854; 0,751	0,047; 0,192; 0,172	15, 17, 75
3	(3-7, 3-8)	0,098	0,818; 0,412	0,041; 0,020	77, 39

Визначити показник складності перехрестя для пропонованого варіанту схеми ОДР та існуючої за залежністю:

$$m = \sum n_{\text{в}} + 3 \sum n_{\text{з}} + 5 \sum n_{\text{п}}, \quad (3.11)$$

де $n_{\text{в}}, n_{\text{з}}, n_{\text{п}}$ – відповідно кількість конфліктних "точок" відхилення, злиття, перетинання. При цьому точки відхилення оцінюють 1 балом, точки злиття – 3 і точки перетинання – 5 балів.

Якщо $m < 40$, то вузол простий; якщо $40 < m < 80$ – вузол середньої складності; якщо $80 < m < 150$ – вузол складний, а при $m > 150$ – дуже складний

Фаза 1:

$$m_1 = 2 + 5 \cdot 6 = 32$$

Фаза 2:

$$m_2 = 2 + 5 \cdot 2 = 12$$

Фаза 3:

$$m_3 = 1$$

тип	клас	№ вузла	Місцевість	Дата

Відповідно з розрахунків конфліктних точок, можна зазначити, що у першій фазі вузол перетинання доріг дорівнює менше 40 ступіня складності, тому він є простим. У другій фазі коефіцієнт дорівнює 12, що теж є простим за своєю проєкцією та у фазі три не має конфліктних точок. Усі три фази є задовільними.

3.3 Висновки до розділу

Виконання останнього розділу роботи бакалавра присвячене розрахунку параметрів світлофорного регулювання та визначення затримок руху.

Параметри світлофорного регулювання склалися з розрахунків таких даних як фазові коефіцієнти для кожної з фаз: 0,311, 0,362, 0,080 для першої, другої та третьої фази відповідно, тривалості проміжних тактів, що склали 4 секунди для кожної фази, тривалість циклу за формулою Вебстера, де значення становило 92 секунди, тривалість основного такту, значення становило 34 секунди для першої фази, 39 секунд для другої фази та 9 секунд для третьої фази, час для пропуску пішохідного потоку склав 22 секунди. Розраховані дані занесені до таблиці 3.1 та на її основі побудована циклограма (рис. 3.5).

Перед визначенням затримок руху було розраховано ступінь насичення рухом, далі за формулою 3.9 обчислили затримки транспортних засобів на перехресті для напрямів, також порахували середньозважену затримку для регульованого перехрестя, результати розрахунків додано до таблиці 3.2 та визначили складність перехрестя для виявлення конфліктних точок за наданим варіантом за допомогою формули 3.11, де виявлено, що перша фаза має простий вузол складності, друга фаза також має простий вузол складності та третій вузол не має конфліктних точок.

тип	дана	№ точки	напрямок	значення

ВИСНОВКИ

Дослідження теоретичних положень цієї кваліфікаційної роботи спрямоване на аналізі аспектів щодо покращення ефективності перевезень вантажів у міському сполученні. Встановлено, що вантажні перевезення є невід'ємною складовою функціонування міського господарства, забезпечуючи безперервний рух матеріальних потоків між виробниками, розподільчими центрами, торгівельними підприємствами та кінцевими споживачами. Ефективність роботи системи міських вантажних перевезень впливає на економічний розвиток міста, якість обслуговування населення та рівень навантаження на дорожню мережу. Аналіз особливостей розвитку міських вантажних перевезень показав, що сучасні міста стикаються із зростанням інтенсивності потоків, збільшенням обсягів електронної комерції, вимог до швидкості доставки та посилення екологічних обмежень. Отриманий результат теоретичного дослідження формує методичну основу для подальшого аналізу існуючої системи доставки вантажів на маршруті.

Розліз з прослідування процесу перевезень вантажів включає в собі прогнозування зміни обсягів перевезень на маршруті, де з рисунка 2.1 можна зробити висновок, що обсяг перевезення вантажів на початку 2026 року за лінією передбачення буде зростати до 181,45 тони з січня місяця по квітень місяць, далі різкий спад з квітня місяця по травень місяць до 165,56 тони.

Прослідування розвізних маршрутів в умовах міста сформовано за знайденими координатами пунктів розвезення та складу, до розвізних маршрутів додані таблиці параметрів функціонування. Вибір марки транспортного засобу відбувався за критерієм вантажопідйомності від однієї до трьох тон. Визначення собівартості на перевезення засноване на загальних транспортних витратах, де для вантажопідйомності у 3 тони загальні транспортні витрати становлять 2536,04 грн. для марки транспортного засобу JAC N56.

До організації дорожнього руху на перехресті розроблено схеми пофазного роз'їзду, згідно інтенсивності руху та пішохідного потоку було

розроблено три пофазні схеми. Визначено параметри функціонування
світлофорного регулювання та ступінь складності перехрестя.

тип	дата	№ протоколу	Місце	Лист

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Мельниченко, О. С., Крикавський, В. С., & Сопільник, Р. Л. (2008). Логістика і місто: ефект взаємодії. *Вісник нац. ун-ту «Львівська політехніка»: Логістика*, (633), 814-823. – Режим доступу: <https://ena.lpnu.ua/handle/ntb/700>
2. Назва сайту «The Geography of Transport Systems». Стаття «C.6 – E-commerce and Home Deliveries». Автори: Dr. I. nefitia Dablanc and Dr. Jean-Paul Rodrigue. Режим доступу: <https://transportgeography.org/contents/geography-city-logistics/what-is-city-logistics/>
3. Назва сайту «DHL-Freight». Стаття «Perks of delivery by night». Режим доступу: <https://dhl-freight-connections.com/en/business/perks-of-delivery-by-night/>
4. Назва сайту «Kardinal». Стаття «Night deliveries: a sustainable approach to urban logistics». Режим доступу: <https://kardinal.ai/night-deliveries-a-sustainable-approach-to-urban-logistics/>
5. Стаття «What is less-than-truckload (LTL)?». Назва сайту «Project44». Режим доступу: <https://www.project44.com/resources/what-is-less-than-truckload-ltl/>
6. Browne, M., Sweet, M., Woodburn, A., & Allen, J. (2005). Urban freight consolidation centres final report. *Transport Studies Group, University of Westminster*, 10.
7. Katsela, K., Gomes, S., Fried, T., Goodehill, A., & Browne, M. (2022). Defining Urban Freight Microhubs: A Case Study Analysis. *Sustainability*, 14(1), 532. – Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/su14010532>
8. Назва сайту «nShift». Стаття «Last-mile innovation & urban logistics: turning the most expensive mile into an edge: a sustainable approach to urban logistics». Режим доступу: <https://nshift.com/blog/last-mile-innovation-urban-logistics-turning-the-most-expensive-mile-into-an-edge>
9. Abduljabbar, R., Dia, H., Liyanage, S., & Bagloee, S. A. (2019). Applications of artificial intelligence in transport: An

overview. *Sustainability*, 11(1), 189.
<https://www.mdpi.com/2071-1050/11/1/189>

Режим доступу:

10. Галушак, М. П., Галушак, О. Я., & Кужда, Т. І. (2021).

ПРОГНОЗУВАННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ. с. 15.

Режим доступу: <https://library.mcgill.ca/9443/jspui/handle/123456789/5198>

11. Скринін, В. С. (2017). *Організація транспортного процесу*

розв'язання транспортно-логістичних завдань з урахуванням принципів

логістики (Doctoral dissertation, Харківський національний університет

міського господарства імені ОМ Бекетова).