

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ТРАНСПОРТУ 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 організації перевезень на
міському автобусному маршруті з добовим обсягом
перевезень 5439 пасажирів**

Виконав: студент 4 курсу, групи ТТ 2022-1
спеціальності 275 «Транспортні технології»,
освітньої програми «Транспортні технології
(міський транспорт)»

Марченко Б. О.

Керівник: Копитков Д. М.

Рецензент: Воронько В. В.

Харків, 2026 року

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

ННІ Енергетичної, інформаційної та транспортної інфраструктури
Кафедра Транспортних систем і логістики

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

(спеціалізація)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

проф. Куш Є. І.

2026 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Марченко Богдан Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Проектування організації перевезень на
міському автобусному маршруті з добовим обсягом перевезень 5439
пасажирів

керівник проекту (роботи) доц. Копитков Д. М., к. пед. н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вишого навчального закладу від “22” травня 2026 р.
№ 440-03.

Строк подання студентом проекту (роботи) 10 червня 2026 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) теоретичні дослідження в сфері
перевезень пасажирів, методики визначення технологічних показників, дані
для прогнозування обсягів перевезень та імітаційного моделювання руху на
перехресті.

4. Зміст розрахунково-опрацюваної записки (перелік питань, які потрібно
розробити) Вступ. Дослідження теоретичних положень. Проектування
процесу перевезення пасажирів на маршруті міського пасажирського
транспорту. Організація дорожнього руху на перехресті маршруту
перевезення пасажирів. Висновки.

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

ІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О.	Прізвище, ініціали та посада	О. М. БЕКЕТОВ	Підпис, дата
Розділ	консультація	завдання	завдання
ІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О.		видав	прізвищ
Адміністратор	Тема: кафедри ІС і ІТ / Тимоченко І. О.	О. М. БЕКЕТОВ	
ІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О.		О. М. БЕКЕТОВ	
ІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О.		О. М. БЕКЕТОВ	

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Дослідження теоретичних положень	01.05-14.05.26	
2	Проектування процесу перевезення пасажирів на маршруті міського пасажирського транспорту	15.05-27.05.26	
3	Організація дорожнього руху на перехресті маршруту перевезення пасажирів	28.06-07.06.26	
4	Оформлення пояснювальної записки	08.06-15.06.26	

Марченко Б. О.

{ 117, 11149; 1

© 1997 Blackwell Science Ltd

КОПИТКОВ Д. М.

{ III-III-1c-1

1. IDENTIFICATION INFORMATION

Додаток

до завдання на кваліфікаційну роботу студенту

Марченку Нодану Олександровичу

Таблиця 1 – Пасажирообмін зупиночних пунктів

Прямий напрямок			Зворотний напрямок		
Номер зупинки	Пасажирообмін, пас.		Номер зупинки	Пасажирообмін, пас.	
Q_1	Q_2		Q_1	Q_2	
1	258	0	1	218	0
2	269	38	2	236	54
3	253	51	3	265	73
4	238	67	4	252	88
5	215	84	5	261	105
6	200	107	6	246	128
7	181	150	7	233	151
8	162	174	8	219	171
9	146	185	9	202	190
10	135	199	10	184	213
11	117	204	11	167	234
12	99	210	12	139	252
13	85	221	13	104	271
14	62	219	14	89	276
15	48	212	15	67	294
16	34	199	16	55	238
17	0	182	17	0	199
Разом	2502	2502	Разом	2937	2937

Таблиця 2 – Пасажиропотоки по годинах доби

Година доби	Пасажиро-потік, пас.	Година доби	Пасажиро-потік, пас.	Година доби	Пасажиро-потік, пас.
5 ⁰⁰ -6 ⁰⁰	335	11 ⁰⁰ -12 ⁰⁰	223	17 ⁰⁰ -18 ⁰⁰	1005
6 ⁰⁰ -7 ⁰⁰	894	12 ⁰⁰ -13 ⁰⁰	335	18 ⁰⁰ -19 ⁰⁰	670
7 ⁰⁰ -8 ⁰⁰	1117	13 ⁰⁰ -14 ⁰⁰	559	19 ⁰⁰ -20 ⁰⁰	559
8 ⁰⁰ -9 ⁰⁰	894	14 ⁰⁰ -15 ⁰⁰	670	20 ⁰⁰ -21 ⁰⁰	335
9 ⁰⁰ -10 ⁰⁰	559	15 ⁰⁰ -16 ⁰⁰	670	21 ⁰⁰ -22 ⁰⁰	223
10 ⁰⁰ -11 ⁰⁰	335	16 ⁰⁰ -17 ⁰⁰	894	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰	112

Таблиця 3 - Обсяги перевезень пасажирів автобусами по місяцям року.

тис. пас.

Місяць року	Рік		
	2023	2024	2025
Січень	120,0	130,3	122,0
Лютий	128,4	128,4	131,2
Березень	124,1	121,8	127,2
Квітень	121,2	122,7	137,4
Травень	135,8	121,2	128,0
Червень	135,5	129,1	138,5
Липень	133,0	132,5	123,5
Серпень	134,0	124,9	138,6
Вересень	120,4	128,3	127,7
Жовтень	121,9	126,9	124,1
Листопад	139,8	129,4	125,5
Грудень	128,3	138,5	124,9
Всього	1342,4	1534,0	1537,6

Таблиця 4 - Параметри маршруту перевезень пасажирів

Параметр	Значення
Відстань між проміжними пунктами, м.	656; 518; 758; 534; 504; 416; 359; 407; 722; 837; 383; 919; 684; 688; 564; 552
Щомісячна місткість автобусу, уд. пас.	90
Експлуатаційна швидкість, км./год.	20
Кількість обертів на маршруті, од.	15
Дефіцит транспортних засобів на маршруті	1,0

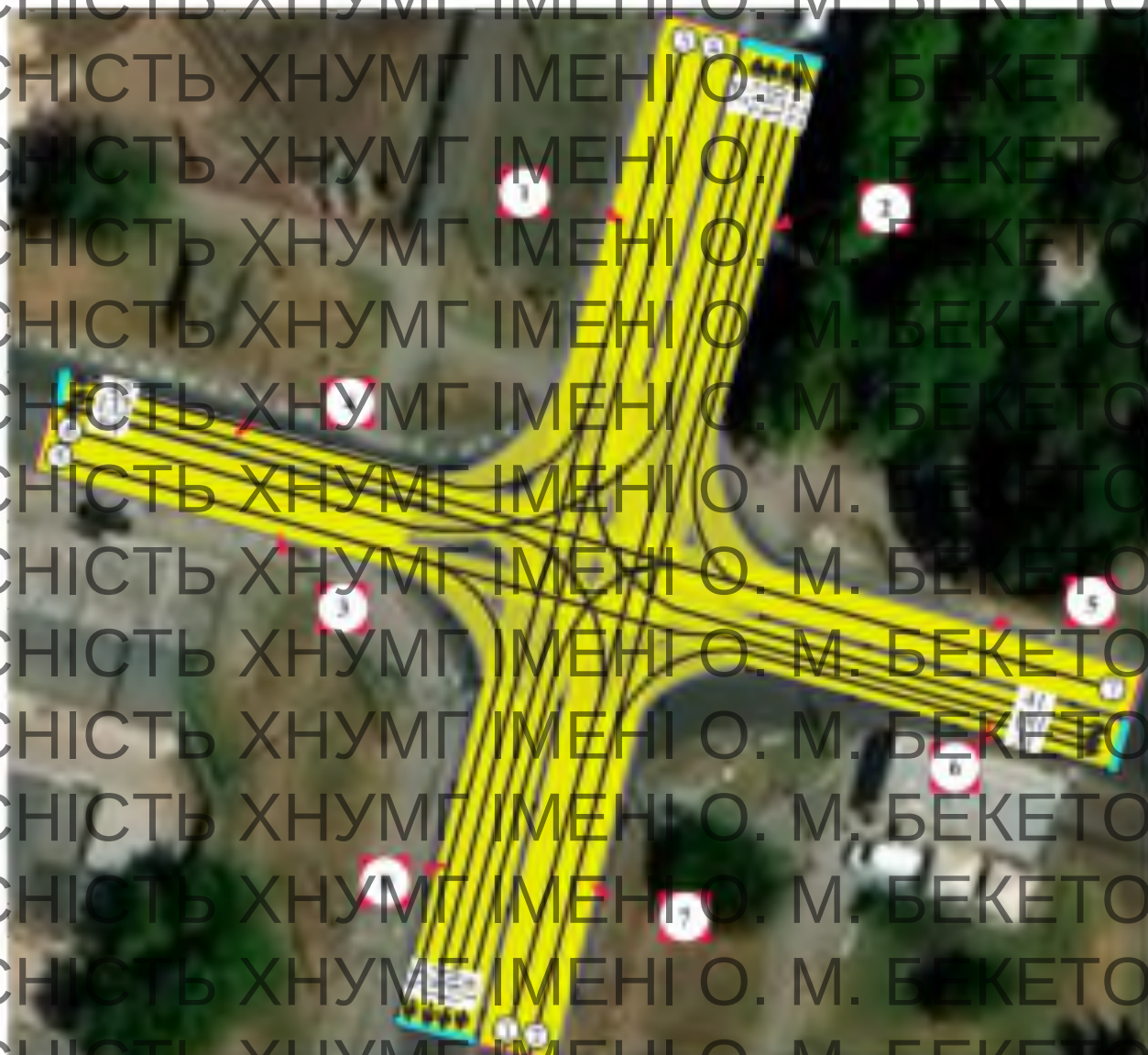


Рисунок 1 – Перехрестя з інтенсивностями руху, номерами потоків та підходів

Студент

Марченко Н. О.

Група

Керівник роботи

Копитков Д. М.

Група

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: сторінок – 61, рисунків – 17, таблиць – 5, джерел – 7, додатків – 2.

Об'єкт дослідження: процес перевезень пасажирів.

Мета роботи: проектування організації перевезень на міському автобусному маршруті з добовим обсягом перевезень 5439 пасажирів.

Методи дослідження: аналітичні для формування підходів з підвищення ефективності перевізного процесу пасажирських транспортних засобів на маршрутах, розрахункові при визначенні показників, графічні для представлення результатів, імітаційні при моделюванні руху на перехресті.

Отримані результати: визначені підходи до підвищення ефективності перевізного процесу пасажирських транспортних засобів на маршрутах; складено графік роботи дванадцяти автобусів на маршрут; визначені технологічні показники перевезень; спрогнозовані обсяги перевезень пасажирів на 2026 рік з урахуванням оптимістичного та песимістичного прогнозів; імітовано рух транспортних та пішохідних потоків на перехресті в програмному середовищі PTV Vissim; визначений час циклу – 36 с; показники дорожнього руху в результаті імітації вказують на значення затримки 12,6 с, викиди CO – 157,88 гр., та витрати палива 8,55 л.

Рекомендації з впровадження розрахункові методи визначення відповідних показників можуть бути використані на реальних об'єктах транспортної інфраструктури.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ, ПРОГНОЗУВАННЯ,
АВТОБУСНИЙ МАРШРУТ, ТЕХНОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ, ІМІТАЦІЙНЕ
МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ПОЛОЖЕНЬ	10
1.1. Підходи до підвищення ефективності перевізного процесу пасажирських транспортних засобів на маршрутах	10
1.2. Висновки по розділу	15
РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ НА МАРШРУТІ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ	16
2.1. Прогнозування обсягів перевезень пасажирів на маршруті	16
2.2. Визначення показників перевезень пасажирів на маршруті	17
2.3. Визначення кількості транспортних засобів для роботи на маршруті	26
2.4. Складання графіка роботи водіїв і транспортних засобів на маршруті	30
2.5. Висновки по розділу	31
РОЗДІЛ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕКРЕСТІ МАРШРУТУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ	35
3.1 Розрахунок параметрів світлофорного регулювання	35
3.2 Висновки по розділу	45
ВИСНОВКИ	46
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	47
ДОДАТОК А	48
ДОДАТОК Б	50

ІНШЕЛІТСЯ ТТ 2022-1 ТТ ХХХ ХПЗ

Дир.	Арх.	Аз.судит.	Підпис	Дата	Літ	Арх	Ірхуїні
Регістр.	Марченко Б. Г.				к	р	а
Перевіз.	Коваленко І. М.						а
Н. Керів.	Бурко І. І.				ХНУМГ		
Керів.	Бурко І. І.						

Пояснювальна записка

ВСТУП

Міський пасажирський транспорт є частиною транспортної системи сучасного міста та відіграє важливу роль у забезпеченні мобільності населення, функціонуванні економіки та соціальному розвитку територій. В умовах зростання урбанізації, збільшення транспортної рухливості населення та підвищення вимог до якості транспортного обслуговування особливого значення набуває ефективна організація перевезень пасажирів на міських автобусних маршрутах. Саме автобусний транспорт завдяки своїй гнучкості, відносно невисоким капітальним витратам та можливості оперативного реагування на зміни пасажиропотоків залишається одним із найбільш поширених видів громадського транспорту в містах.

Рациональна організація перевезень на міських автобусних маршрутах передбачає комплексне вирішення завдань, пов'язаних із дослідженням пасажиропотоків, визначенням параметрів маршрутної мережі, вибором типу та кількості рухомого складу, розробленням режимів роботи транспортних засобів і графіків руху. Від якості проєктних рішень залежить рівень транспортної доступності міських територій, регулярність руху автобусів, комфорт пасажирів, а також ефективність використання ресурсів транспортних підприємств.

РОЗДІЛ I АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ПОЛОЖЕНЬ

1.1. Підходи до підвищення ефективності перевізного процесу пасажирських транспортних засобів на маршрутах

Функціонування системи пасажирських перевезень ґрунтується на організації безперервного транспортного процесу, основною складовою якого є робота транспортних засобів на маршрутах. Особливістю експлуатації автобусів, тролейбусів, трамваїв та інших видів міського пасажирського транспорту є циклічний характер їхньої роботи. Кожен транспортний засіб протягом експлуатаційного періоду багаторазово виконує однакову послідовність операцій, які формують транспортний цикл. Від ефективності організації такого циклу залежать показники якості транспортного обслуговування населення, рівень використання рухомого складу, регулярність руху та економічна ефективність перевізного процесу [1, 2].

Транспортний цикл пасажирського транспортного засобу складається з трьох основних елементів: руху по перегонах маршруту між зупиночними пунктами, простоїв на проміжних зупинках для виконання операцій посадки та висадки пасажирів, а також простоїв на кінцевих зупиночних пунктах. Сукупність зазначених операцій утворює повний оборот транспортного засобу на маршруті, після завершення якого цикл повторюється. При цьому кожен елемент циклу характеризується певними часовими параметрами, що визначають тривалість рейсу та необхідну кількість рухомого складу для забезпечення заданої частоти руху (рис. 1.1).

Найбільшу частку транспортного циклу зазвичай становить час руху по перегонах маршруту. Цей показник залежить від довжини перегонів, технічних характеристик транспортного засобу, дорожніх умов.

інтенсивності транспортних потоків, організації дорожнього руху та інших зовнішніх чинників.



Рисунок 1.1. Складові циклу транспортного процесу

У міських умовах швидкість сполучення значною мірою визначається наявністю світлофорних об'єктів, перехресть, пішохідних переходів і рівнем завантаженості вулично-дорожньої мережі. Зменшення швидкості руху на окремих ділянках маршруту призводить до збільшення тривалості оборотного рейсу та потребує додаткових ресурсів для підтримання встановленого інтервалу руху [3, 4].

Важливою складовою транспортного циклу є простої транспортних засобів на проміжних зупиночних пунктах. Під час цих простоїв здійснюється посадка та висадка пасажирів, що забезпечує виконання основної функції громадського транспорту. Тривалість перебування транспортного засобу на зупинці визначається інтенсивністю пасажирообміну, конструктивними особливостями транспортного засобу, кількістю дверей, рівнем заповнення салону, організацією оплати проїзду та іншими факторами. Дослідження показують, що зі збільшенням пасажиропотоку суттєво зростає час обслуговування зупинки, що негативно

впливає на швидкість сполучення та регулярність руху транспортних засобів [5].

Ефективність функціонування пасажирського транспорту значною мірою визначається раціональним співвідношенням часу руху та часу простоїв (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Ефективність функціонування пасажирського транспорту

У сучасних умовах особливого значення набуває питання оптимізації часу простою на зупиночних пунктах. Скорочення тривалості посадки та висадки пасажирів може бути досягнуте шляхом удосконалення конструкції транспортних засобів, впровадження автоматизованих систем оплати проїзду, використання низькопідлогового рухомого складу та створення належної інфраструктури для пасажирів. Реалізація таких заходів сприяє підвищенню експлуатаційної швидкості руху та покращенню якості транспортного обслуговування [1, 3, 5].

Окремим елементом транспортного циклу є простой на кінцевих зупиночних пунктах. На відміну від проміжних зупинок, такі простой мають організаційно-технологічне призначення. Вони забезпечують можливість дотримання розкладу руху, компенсацію випадкових відхилень від графіка, зміну напрямку руху транспортного засобу, а також створюють умови для

короткочасного відпочинку водіїв відповідно до вимог безпеки праці. Тривалість простою на кінцевих пунктах визначається експлуатаційними нормативами та залежить від особливостей маршруту і режиму його роботи.

Зокрема, збільшення тривалості затримок на зупиночних пунктах або виникнення непередбачуваних простоїв призводить до зростання часу поїздки пасажирів, зниження регулярності руху та погіршення показників якості транспортного обслуговування (рис. 1.3).

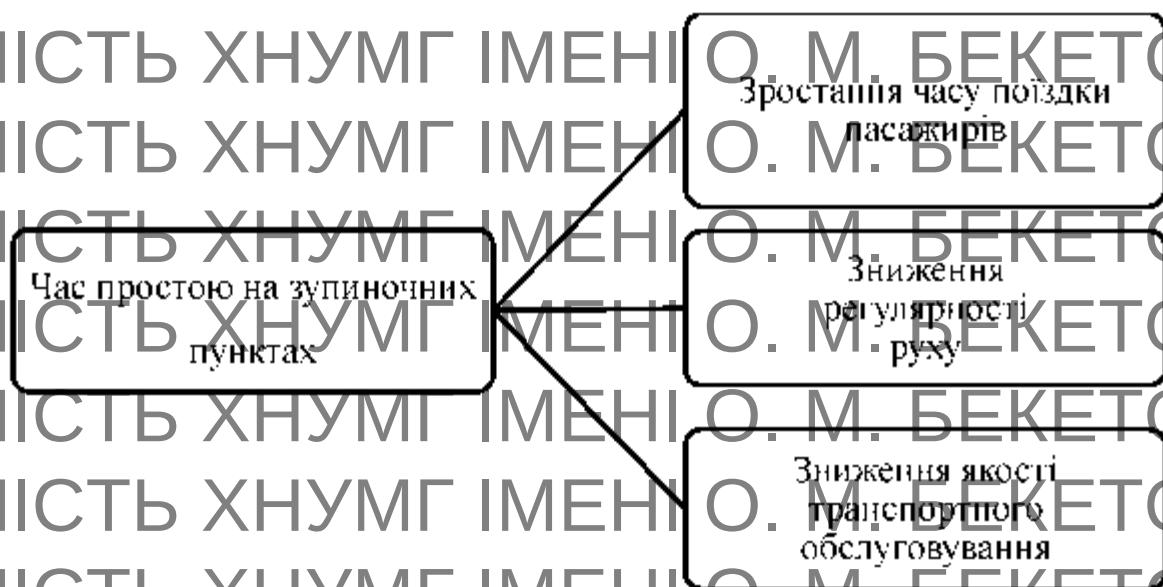


Рисунок 1.3 – Результати збільшення часу простою на зупиночних пунктах

Простоїв на кінцевих зупинках маршруту виконують важливу регулюючу функцію в системі організації пасажирських перевезень. За наявності транспортних затримок або порушень графіка руху резерв часу на кінцевих пунктах дозволяє частково відновити регулярність перевезень. Водночас надмірна тривалість таких простоїв призводить до зниження продуктивності рухомого складу та погіршення показників використання транспортних засобів. Саме тому визначення раціональної тривалості простоїв на кінцевих зупинках маршруту є важливим завданням планування транспортного процесу [4, 5].

З позиції теорії транспортних систем транспортний цикл розглядається як стохастичний процес, параметри якого змінюються під впливом численних випадкових факторів. До таких факторів належать коливання пасажиропотоків протягом доби, зміни дорожньої ситуації, погодні умови, дорожньо-транспортні пригоди, ремонтні роботи на вулично-дорожній мережі та інші зовнішні впливи. У зв'язку з цим під час планування роботи маршрутів використовуються методи математичного моделювання, які дозволяють оцінювати вплив різних факторів на тривалість транспортного циклу та визначати оптимальні параметри функціонування маршрутної мережі. Водночас належна організація технологічного циклу роботи транспортних засобів сприяє підвищенню провізної спроможності маршрутів, оптимізації використання рухомого складу та забезпеченню стабільності перевізного процесу (рис. 1.4).

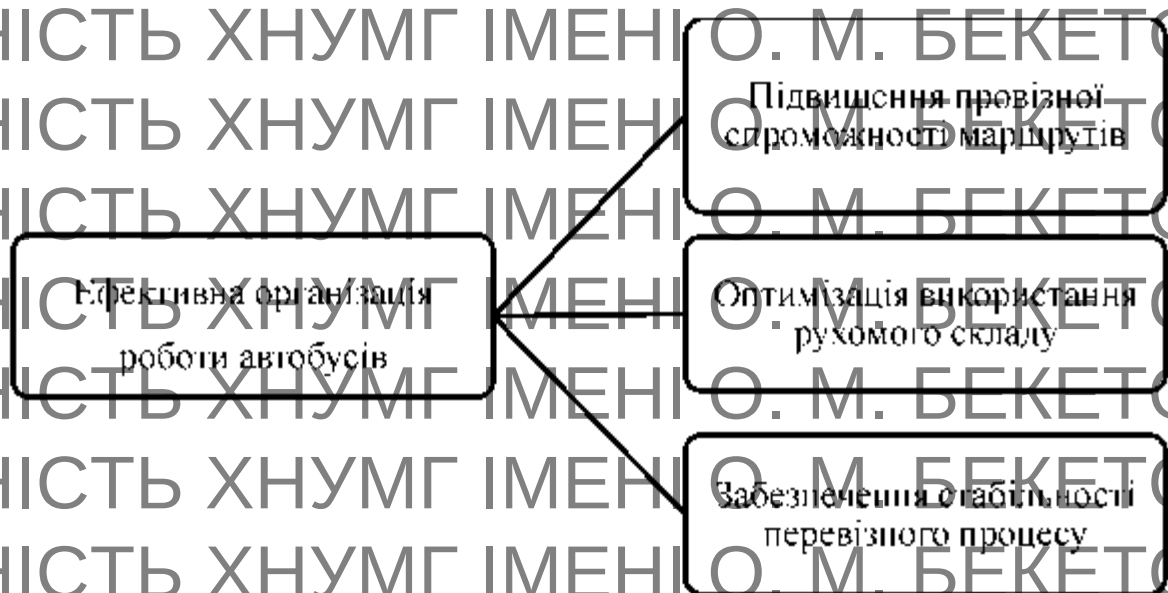


Рисунок 1.4 Ефективна організація технологічного циклу роботи автобусів

Аналіз структури часу транспортного циклу є важливим інструментом підвищення ефективності роботи пасажирського транспорту. Дослідження співвідношення між часом руху та часом простоїв дозволяє виявляти резерви

підвищення продуктивності рухомого складу, скорочення експлуатаційних витрат та покращення якості транспортного обслуговування населення. В умовах зростання мобільності населення та підвищення вимог до якості транспортних послуг особливого значення набуває впровадження сучасних інформаційних технологій моніторингу руху транспортних засобів, які забезпечують можливість оперативного контролю параметрів транспортного циклу та прийняття управлінських рішень у режимі реального часу [1, 2, 5].

Таким чином, циклічний характер роботи пасажирських транспортних засобів є фундаментальною особливістю організації транспортного процесу. Рух по перегонах маршруту, простої на проміжних та кінцевих зупиночних пунктах формують єдину систему взаємопов'язаних операцій, ефективність якої визначає якість пасажирських перевезень. Рациональна організація всіх елементів транспортного циклу дозволяє забезпечити регулярність руху, скоротити час поїздки пасажирів, підвищити ефективність використання рухомого складу та покращити загальні показники функціонування транспортної системи.

1.2. Висновки по розділу

В першому розділі роботи визначені підходи до підвищення ефективності перевізного процесу пасажирських транспортних засобів на маршрутах. Такі підходи, за умови ефективної організації перевезень пасажирів здатні забезпечити регулярність руху, скоротити час поїздки пасажирів, підвищити ефективність використання рухомого складу та покращити загальні показники функціонування пасажирської транспортної системи.

РОЗДІЛ 2

ПРОЕКТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ НА МАРШРУТІ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

2.1. Прогнозування обсягів перевезень пасажирів на маршруті

Прогнозування обсягів перевезень пасажирів є важливим інструментом планування діяльності транспортних підприємств та оцінювання майбутнього попиту на транспортні послуги. Для підвищення надійності прогнозних оцінок доцільно використовувати довірчі інтервали, які відображають можливий діапазон значень прогнозованого показника з урахуванням невизначеності та випадкових коливань. Центральне значення прогнозу характеризує найбільш імовірний сценарій розвитку, тоді як межі довірчого інтервалу визначають можливі відхилення від нього.

У межах довірчого інтервалу можна виділити оптимістичний та песимістичний прогнози. Оптимістичний прогноз відповідає верхній межі інтервалу та передбачає зростання пасажиропотоку за сприятливих економічних умов, підвищення мобільності населення та покращення якості транспортних послуг. Песимістичний прогноз відповідає нижній межі інтервалу і враховує можливе зниження попиту через економічні труднощі, демографічні зміни або інші несприятливі фактори. Такий підхід дає змогу оцінити ризики та підготувати альтернативні сценарії розвитку транспортної системи.

Прогнозуємо обсяги перевезень з використанням вихідних даних в Excel (рис. 2.1).

Сформований в Excel прогноз обсягів перевезень також представлений в табл. А.1 додатка А до кваліфікаційної роботи.

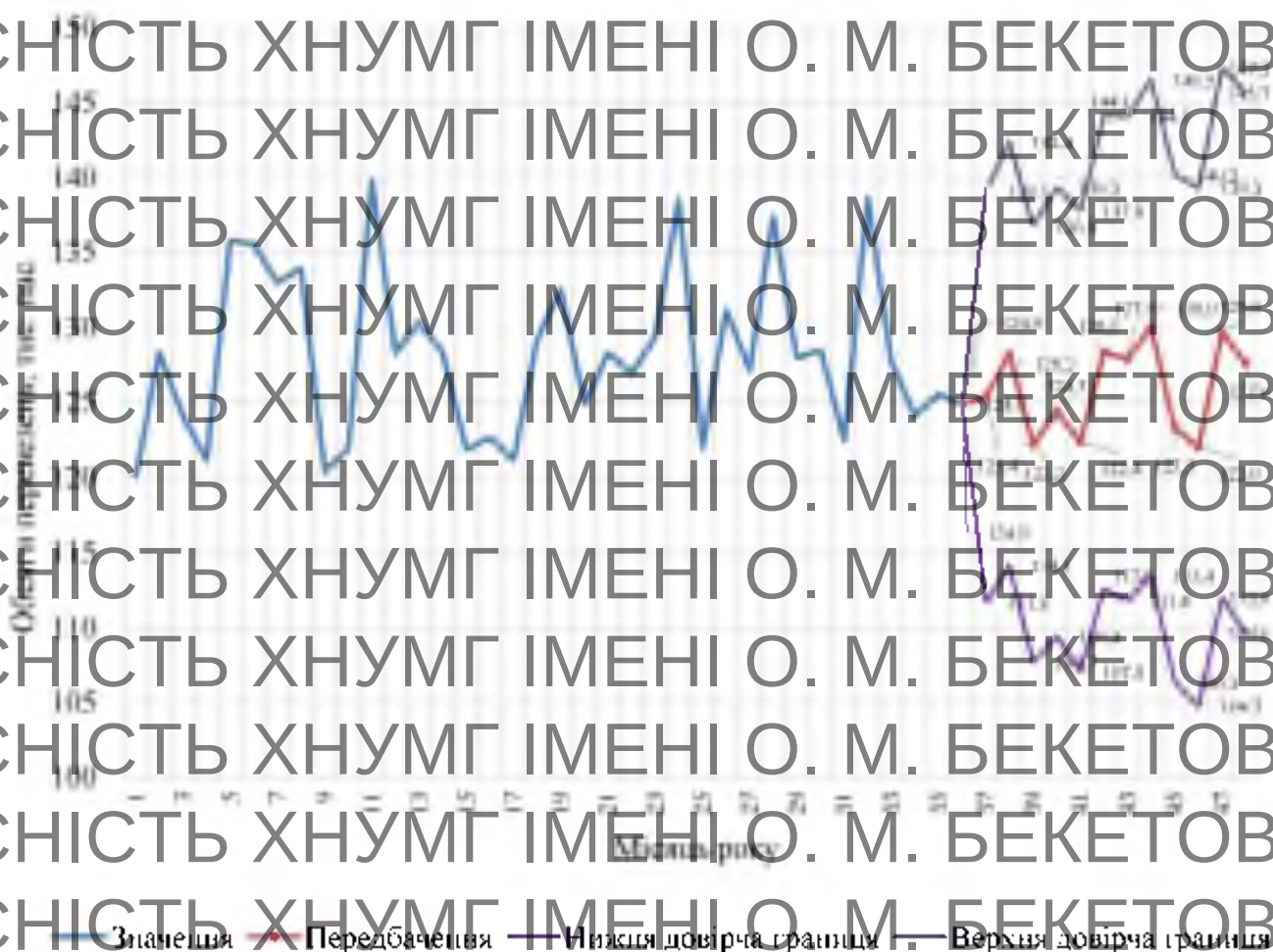


Рисунок 2.1 – Обсяги перевезень на 2026 рік з урахуванням оптимістичного та песимістичного прогнозів

2.2. Визначення показників перевезень пасажирів на маршруті

Показники управління перевізним процесом називаються також показниками технології перевезень. Обсяг перевезень основний з них, що визначається з урахуванням кількості пасажирів та зупинок маршруту [6].

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_{\text{в}} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{з}} \quad (2.1)$$

де $\sum_{i=1}^n Q_{\text{в}}$ - кількість пасажирів, що увійшли до салону транспортного засобу, осіб;

$\sum_{k=1}^n Q_{\text{з}}$ - кількість пасажирів, що вийшли з салону транспортного засобу, осіб.

$$Q_{\text{в}} = 258 + 269 + 253 + 238 + 215 + 200 + 181 + 162 + 146 + 135 + 117 + 99 + 85 + 62 + 48 + 34 + 0 = 0 + 38 + 51 + 67 + 84 + 107 + 150 + 174 + 185 + 199 + 204 + 210 + 221 + 219 + 212 + 199 + 182 = 2502 \text{ пас.},$$

$$Q_{\text{з}} = 218 + 236 + 265 + 252 + 261 + 246 + 233 + 219 + 202 + 184 + 167 + 139 + 104 + 89 + 67 + 55 + 0 = 0 + 54 + 73 + 88 + 105 + 128 + 151 + 171 + 190 + 213 + 234 + 252 + 271 + 276 + 294 + 238 + 199 = 2937 \text{ пас.}$$

За добу на маршруті перевозиться [6]:

$$Q = 2502 + 2937 = 5439 \text{ пас./добу.}$$

Пасажиropoтoки на перегонах є функцією від кількості пасажирів на попередньому перегоні маршруту та характеристик пасажирообміну зупиночних пунктів [6]:

$$F_n = q_{n,n-1} \cdot Q_{n-1} - Q_n \quad (2.2)$$

Для руху автобусу в прямому напрямку:

$$F_1 = 0 \cdot 258 - 0 = 258 \text{ пас.}; \quad F_2 = 258 + 269 - 38 = 489 \text{ пас.};$$

$$F_3 = 489 + 253 - 51 = 691 \text{ пас.};$$

$$F_4 = 691 + 238 - 67 = 862 \text{ пас.};$$

$$F_5 = 862 + 215 - 84 = 993 \text{ пас.};$$

$$F_6 = 993 + 200 - 107 = 1086 \text{ пас.};$$

$$F_7 = 1086 + 181 - 150 = 1117 \text{ пас.};$$

$$F_8 = 1117 + 162 - 174 = 1105 \text{ пас.};$$

$$F_9 = 1105 + 146 - 185 = 1066 \text{ пас.};$$

$$F_{10} = 1066 + 135 - 199 = 1002 \text{ пас.};$$

$$F_{11} = 1002 + 117 - 204 = 915 \text{ пас.};$$

$$F_{12} = 915 + 99 - 210 = 804 \text{ пас.};$$

$$F_{13} = 804 + 85 - 221 = 668 \text{ пас.};$$

$$F_{14} = 668 + 62 - 219 = 511 \text{ пас.};$$

$$F_{15} = 511 + 48 - 212 = 347 \text{ пас.};$$

$$F_{16} = 347 + 34 - 199 = 182 \text{ пас.};$$

Пасажиropoтoкu в зворoтнoмy нaпpямкy poзpaхoвyютьcя aнaлoгiчнo. Дo yвaги cлiд пpийняти фaкт тoгo, щo в зворoтнoмy нaпpямкy мapшpyтy oстaння зyпинкa cтae пepшoю тa нaвпaки. Peзyльтaти звoдимo в тaбл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Пасажиropoтoкu нa пepeгoнax мapшpyтy зa нaпpямкaми

Пpямий		Зворoтний	
Пopядкoвий нoмep пepeгoнy	Пacaжирoпoтiк нa пepeгoнi, пac.	Пopядкoвий нoмep пepeгoнy	Пacaжирoпoтiк нa пepeгoнi, пac.
1	258	1	218
2	489	2	400
3	691	3	592
4	862	4	756

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4
5	993	5	912
6	1086	6	1030
7	1117	7	1112
8	1105	8	1160
9	1066	9	1172
10	1002	10	1143
11	915	11	1076
12	804	12	963
13	668	13	796
14	511	14	609
15	347	15	382
16	182	16	199

Використовуємо значення табл. 2.1 для формування рис. 2.2.

Пасажирооборот на маршруті визначимо так [6]:

$$W_{\text{п.м.}} = \sum_{i=1}^n F_i \cdot L_i, \quad (2.3)$$

де L_i – довжина i -го перегону маршруту, км.

$$W_{\text{м.}} = 258 \cdot 0,656 + 489 \cdot 0,518 + 691 \cdot 0,758 + 862 \cdot 0,534 + 993 \cdot 0,504 + 1086 \cdot 0,416 + 1117 \cdot 0,359 + \\ + 1105 \cdot 0,407 + 1066 \cdot 0,722 + 1002 \cdot 0,837 + 915 \cdot 0,383 + 804 \cdot 0,919 + 668 \cdot 0,684 + 511 \cdot 0,688 + \\ + 347 \cdot 0,564 + 182 \cdot 0,552 = 7011,92 \text{ пас} \cdot \text{км.}$$

$$W_{\text{л.}} = 218 \cdot 0,656 + 400 \cdot 0,518 + 592 \cdot 0,758 + 756 \cdot 0,534 + 912 \cdot 0,504 + 1030 \cdot 0,416 + 1112 \cdot 0,359 + \\ + 1160 \cdot 0,407 + 1172 \cdot 0,722 + 1143 \cdot 0,837 + 1076 \cdot 0,383 + 963 \cdot 0,919 + 796 \cdot 0,684 + 609 \cdot 0,688 + \\ + 382 \cdot 0,564 + 199 \cdot 0,552 = 7350,84 \text{ пас} \cdot \text{км.}$$



Рисунок 2.2 – Добові пасажиропотоки на пересонах маршруту

Середню відстань поїздки пасажирів визначимо так [6]:

$$L = \frac{M}{Q} \quad (2.4)$$

Використовуємо для розрахунків параметри рейсів з додатку Б до роботи.

$$L_{\text{ср}} = \frac{402,7}{153} = 2,76 \text{ км.}$$

Для інших рейсів даний показник визначається аналогічно:

Середнє значення середньої дальності поїздки [6] визначимо так:

$$\bar{I}_{\text{пр. од.}} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{I}_i}{n}, \quad (2.5)$$

де n – кількість рейсів в прямому/зворотному напрямках, од.
($n=15$ од.).

$$\bar{I}_{\text{пр. од.}} = \frac{2,76 + 2,01 + 2,9 + 3,1 + 2,86 + 3,05 + 2,97 + 1,99 + 2,12 + 3,84 + 2,59 + 2,99 + 2,84 + 2,85 + 3,62}{15} = 2,83 \text{ км.}$$

$$\bar{I}_{\text{зв. од.}} = \frac{2,84 + 1,9 + 2,1 + 2,91 + 2,76 + 2,68 + 2,63 + 2,09 + 2,58 + 2,64 + 3,19 + 2,55 + 2,42 + 2,35 + 1,87}{15} = 2,50 \text{ км.}$$

В середньому за всі виконані об'єкти:

$$\bar{I} = \frac{\bar{I}_{\text{пр. од.}} + \bar{I}_{\text{зв. од.}}}{2} = \frac{2,83 + 2,50}{2} = 2,67 \text{ км.}$$

Визначимо коефіцієнти використання місткості салону автобусу статичний (γ_s) та динамічний ($\gamma_{\text{дн}}$) [6]:

$$\gamma_s = \frac{1}{q_{\text{сн}} \cdot n} \cdot \sum_{i=1}^n F_i, \quad (2.6)$$

де F_i – пасажиропотоки на перегонах маршруту, пас./добу;

q_n – номінальна місткість автобусу, пас.
 ($q_n = 90$ пас.)
 n – кількість перелонів маршруту, од. ($n = 16$)

$$\gamma_{i, \text{перелон}} = \frac{1}{90 \cdot 15} \cdot (19 + 34 + 48 + 61 + 73 + 82 + 79 + 72 + 62 + 59 + 50 + 39 + 28 + 21 + 14 + 8) = 0,520.$$

Середнє значення коефіцієнта статичного використання місткості:

$$\gamma_{i, \text{стат}} = \frac{\sum_{i=1}^n \gamma_{i, \text{стат}}}{n} \quad (2.7)$$

$$\gamma_{i, \text{стат}} = \frac{0,52 + 0,508 + 0,471 + 0,608 + 0,592 + 0,466 + 0,637 + 0,384 + 0,494 + 0,672 + 0,569 + 0,49 + 0,617 + 0,649 + 0,722}{15} = 0,560.$$

$$\gamma_{i, \text{стат}} = \frac{0,708 + 0,46 + 0,538 + 0,648 + 0,646 + 0,645 + 0,549 + 0,453 + 0,642 + 0,59 + 0,728 + 0,615 + 0,465 + 0,637 + 0,372}{15} = 0,580.$$

В середньому за всі виконані оберт:

$$\bar{\gamma}_{i, \text{стат}} = \frac{\gamma_{i, \text{стат}}^I + \gamma_{i, \text{стат}}^{\text{II}}}{2} = \frac{0,560 + 0,580}{2} = 0,570.$$

$$\gamma_{\text{дв}} = \frac{W}{l_{\text{дв}} \cdot q_{\text{дв}}} \quad (2.8)$$

де $l_{\text{дв}}$ - довжина маршруту, км.

$$\gamma_{\text{дв}}^{\text{середн}} = \frac{422,7}{0,501 \cdot 90} = 0,494$$

Середнє значення коефіцієнта динамічного використання:

$$\gamma_{\text{дв}}^{\text{середн}} = \frac{\sum_{i=1}^n \gamma_{\text{дв}}^i}{n} \quad (2.9)$$

$$\gamma_{\text{дв}}^{\text{середн}} = \frac{0,494 + 0,486 + 0,451 + 0,594 + 0,586 + 0,449 + 0,629 + 0,365}{15}$$

$$+ \frac{0,474 + 0,665 + 0,562 + 0,497 + 0,595 + 0,634 + 0,719}{15} = 0,547,$$

$$\gamma_{\text{дв}}^{\text{середн}} = \frac{0,698 + 0,459 + 0,524 + 0,645 + 0,633 + 0,64 + 0,55 + 0,457}{15}$$

$$+ \frac{0,634 + 0,58 + 0,72 + 0,612 + 0,458 + 0,616 + 0,37}{15} = 0,573.$$

В середньому за всі виконані об'єкти:

$$\gamma_{\text{дв}} = \frac{\gamma_{\text{дв}}^{\text{середн}} + \gamma_{\text{дв}}^{\text{середн}}}{2} = \frac{0,547 + 0,573}{2} = 0,560.$$

Коефіцієнт змінюваності пасажирів за рейс визначимо так [6]:

$$\eta^{\text{max}} = \frac{Q}{q_n \cdot \gamma_c} \quad (2.10)$$

$$\eta^{\text{max}} = \frac{153}{90 \cdot 0,520} = 3,27$$

Середнє значення коефіцієнта змінюваності:

$$\eta^{\text{ср}} = \frac{\sum \eta_i}{n} \quad (2.11)$$

$$\eta^{\text{ср}} = \frac{3,27 + 4,52 + 3,14 + 2,99 + 3,29 + 3,0 + 3,16 + 4,54 + 4,3 + 2,45 + 3,62 + 3,22 + 3,23 + 3,26 + 2,61}{15} = 3,37$$

$$\eta^{\text{ср}} = \frac{3,3 + 4,99 + 4,41 + 3,25 + 3,37 + 3,52 + 3,62 + 4,59 + 3,64 + 3,54 + 2,95 + 3,71 + 3,87 + 3,91 + 5,05}{15} = 3,85$$

В середньому за всі виконані оберти:

$$\eta = \frac{\eta^{\text{ср}} + \eta^{\text{ср}}}{2} = \frac{3,37 + 3,85}{2} = 3,61$$

Визначимо показник циклу транспортного процесу – час обороту [6]:

$$t_{\text{об}} = \frac{2 \cdot L_{\text{м}}}{V_{\text{е}}} \quad (2.12)$$

де $L_{\text{м}}$ – довжина маршруту, км;

$V_{\text{е}}$ – експлуатаційна швидкість, км/год.

$$t_{\text{об}} = \frac{2 \cdot 9,501}{20} = 0,9501 \text{ год.}$$

2.3. Визначення кількості транспортних засобів для роботи на маршруті

Кількість транспортних засобів визначається на основі значень пасажиропотоків [6]:

$$A_{\text{т.г.д.}} = \frac{K_{\text{г.д.}} \cdot t_{\text{об}}}{q_{\text{н}} \cdot \gamma_{\text{с}}} \quad (2.13)$$

$K_{\text{г.д.}}$ – значення годинного пасажиропотоку на маршруті, пас./год.

$q_{\text{н}}$ – номінальна місткість автобуса, пас. ($q_{\text{н}} = 90$ пас.);

$\gamma_{\text{с}}$ – коефіцієнт використання місткості салону транспортного засобу ($\gamma_{\text{с}} = 1$);

$t_{\text{об}}$ – час оборотного рейсу, год. ($t_{\text{об}} = 0,9501 \text{ год} = 57 \text{ хв.}$).

$$A_{\text{т.г.д.}} = \frac{894 \cdot 0,9501}{90 \cdot 1} = 9,49 \approx 10 \text{ од.}$$

Для інших годин доби періоду доби кількість транспортних засобів визначається аналогічно (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Визначення потрібної кількості транспортних засобів для роботи на маршруті

Години доби	Пасажири/лоті/т $P_{\text{доби}}$	Кількість транспортних засобів $A_{\text{доби}}$
1	2	3
5 ⁰⁰ -6 ⁰⁰	335	4
6 ⁰⁰ -7 ⁰⁰	894	10
7 ⁰⁰ -8 ⁰⁰	1117	12
8 ⁰⁰ -9 ⁰⁰	894	10
9 ⁰⁰ -10 ⁰⁰	559	6
10 ⁰⁰ -11 ⁰⁰	335	4
11 ⁰⁰ -12 ⁰⁰	223	3
12 ⁰⁰ -13 ⁰⁰	335	4
13 ⁰⁰ -14 ⁰⁰	559	6
14 ⁰⁰ -15 ⁰⁰	670	8
15 ⁰⁰ -16 ⁰⁰	670	8
16 ⁰⁰ -17 ⁰⁰	894	10
17 ⁰⁰ -18 ⁰⁰	1005	11
18 ⁰⁰ -19 ⁰⁰	670	8
19 ⁰⁰ -20 ⁰⁰	559	6
20 ⁰⁰ -21 ⁰⁰	335	4
21 ⁰⁰ -22 ⁰⁰	223	3
22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰	112	2

За даними табл. 2.2 представляємо зміну відповідних показників залежно від часу доби на рис. 2.3 та 2.4.

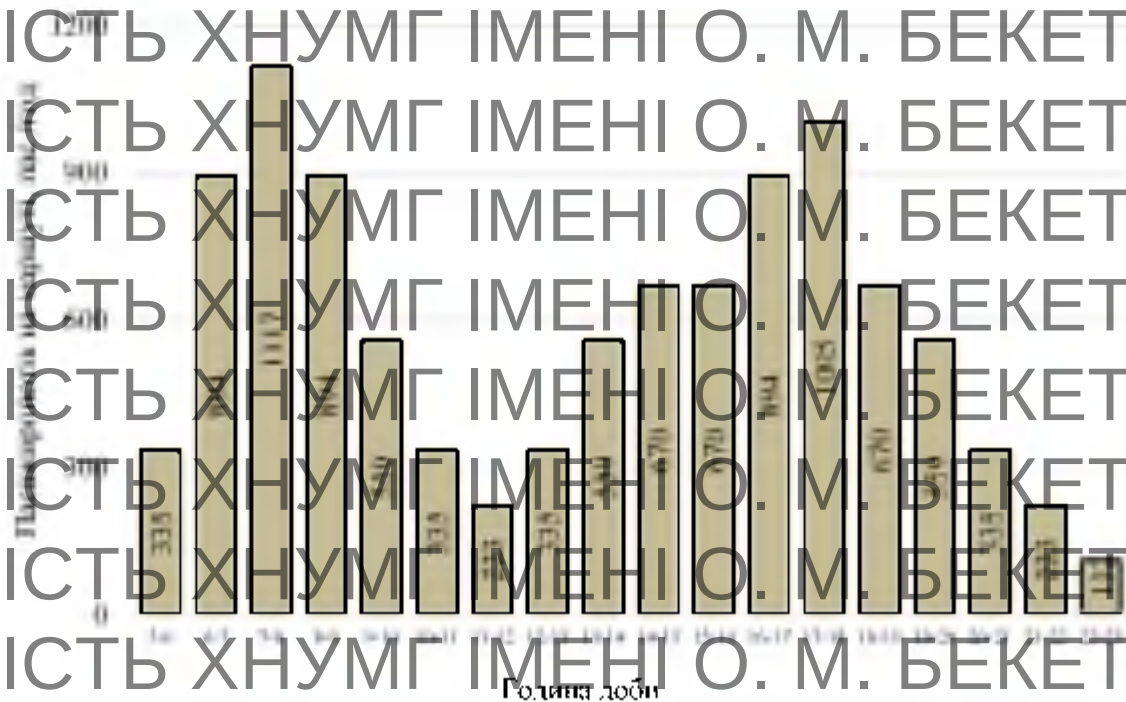


Рисунок 2.3 – Зміна пасажиропотоків на маршруті



Рисунок 2.4 – Зміна кількості автобусів на маршруті

Визначасмо максимальну кількість автобусів:

$$A_{\max} = A_{\text{од.}} \cdot K_d, \quad (2.14)$$

де $A_{\text{од.}}$ – максимально можлива кількість автобусів на маршруті, од.;

K_d – коефіцієнт дефіциту, що приймається рівним 1,0.

$$A_{\max} = 12 \cdot 1,0 = 12 \text{ од.}$$

Визначасмо мінімальну кількість автобусів, що повинні працювати на маршруті [6].

$$A_{\min} = \frac{L}{t_{\max}}, \quad (2.15)$$

де $t_{\max}$ – час оборотного рейсу, хв.;

$t_{\max}$ – максимально припустимий інтервал руху автобуса, хв.

$$A_{\min} = \frac{57}{15} = 3,8 \approx 4 \text{ од.}$$

З рис. 2.4 видно, що для забезпечення максимально припустимого інтервалу на графіку зміни кількості автобусів на маршруті не вистачає одного автобуса в період 11⁰⁰-12⁰⁰, одного автобуса в період 21⁰⁰-22⁰⁰ та двох автобусів в період 22⁰⁰-23⁰⁰. Тому в ці години доби примусово додаємо автобуси до рівня $A_{\min}$.

2.4. Складання графіка роботи водіїв і транспортних засобів на маршруті

Рис. 2.4 є основою для побудови графіка роботи автобусів та водіїв на маршруті (рис. 2.5). Автобуси 1 – 4 будуть працювати на ньому за двозмінним режимом, автобуси 5 – 12 – за перерваним. При двозмінному режимі водіям влаштовується перерва тривалістю 0,5 – 1,5 год., при перерваному 3 – 5 год. відстою. Для двозмінного режиму час роботи водія повинен бути в межах 7 – 9 год., для перерваного в межах 8 – 10 год.



Рисунок 2.5 – Графік роботи водіїв та транспортних засобів на маршруті

Розраховуємо показник ефективності побудови рис. 2.5 [6]:

$$K_{\text{эф}} = \frac{A_{\text{факт}}}{A_{\text{теор}}} \quad (2.16)$$

де $AF_{\text{автоб}}^*$ - автобусо - години потрібні (рис. 2.4), од.;

$AF_{\text{автоб}}^*$ - автобусо - години побутовані (рис. 2.5), од.

$$K_{\text{эф}} = \frac{123}{123 + 1} = 0,992.$$

З використанням рис. 2.5 формуємо стрічковий графік руху, що визначає порядок виходу автобусів на маршрут (рис. 2.6) та таблицю розкладу руху (табл. 2.3).

2.5. Висновки по розділу

При виконанні другого розділу роботи складено графік роботи дванадцяти автобусів на маршруті. Робота автобусів чітко регламентується вимогами щодо тривалості перерв та часу праці. Графік має високий коефіцієнт ефективності 0,992. Попередньо були визначені технологічні показники щодо обсягу перевезень, пасажирообороту на маршруті, середньої відстані поїздки, коефіцієнта змінюваності, коефіцієнтів використання місткості. Час обороту, визначення для експлуатаційної швидкості в двадцять кілометрів на годину становить 57 хвилин. Також спрогнозовані обсяги перевезень пасажирів на 2026 рік з урахуванням оптимістичного та песимістичного прогнозів.



Рисунок 2.6 – Визначення порядку виходу автобусів на маршрут

Таблиця 2.3 – Таблиця розкладу руху

1-й автобус		2-й автобус		3-й автобус		4-й автобус		5-й автобус		6-й автобус	
05:00	05:28	05:14	05:42	07:03	07:32	07:17	07:46	06:02	06:31	05:57	06:25
06:31	06:59	06:36	07:05	08:01	08:29	08:16	08:45	07:00	07:28	06:54	07:22
07:32	08:00	07:36	08:05	08:57	09:26	09:35	10:04	07:57	08:24	07:51	08:19
08:32	09:00	08:37	09:06	09:55	П	10:33	П	09:26	09:54	08:48	09:16
09:29	П	09:35	П	11:10	11:39	11:24	11:53	10:27	10:56	09:45	10:13
10:42	11:10	10:56	11:24	12:07	12:36	12:21	12:50	11:25	В	10:42	В
11:39	12:07	11:53	12:21	13:04	13:33	13:23	13:52	16:29	16:57	16:24	16:52
12:36	13:04	12:55	13:23	14:08	14:37	14:22	14:51	17:26	17:54	17:21	17:49
13:47	14:15	13:54	14:22	15:06	ЗМ.	15:20	ЗМ.	18:25	18:53	18:18	18:46
14:44	ЗМ.	14:51	ЗМ.	15:06	15:34	15:19	15:48	19:22	19:50	19:15	19:43
14:44	15:12	14:51	15:19	16:06	16:35	16:18	16:46	20:19	К	20:12	К
15:49	16:18	15:55	16:24	17:10	17:39	17:15	17:44	---	---	---	---
16:55	17:23	17:00	17:28	18:07	18:36	18:12	18:41	---	---	---	---
17:52	18:20	17:57	18:25	19:05	П	19:10	П	---	---	---	---
19:00	19:29	19:07	19:36	19:36	20:04	19:43	20:12	---	---	---	---
19:58	П	20:01	П	20:40	21:09	20:54	21:23	---	---	---	---
20:12	20:40	20:26	20:54	21:37	22:06	21:51	22:20	---	---	---	---
21:09	21:37	21:23	21:51	22:35	К	22:49	К	---	---	---	---
22:06	К	22:20	К	---	---	---	---	---	---	---	---

Продовження табл. 2.3

7-й автобус		8-й автобус		9-й автобус		10-й автобус		11-й автобус		12-й автобус	
06:25	06:54	06:19	06:48	06:14	06:42	06:08	06:36	05:42	06:11	05:28	05:57
07:27	07:55	07:22	07:51	07:13	07:41	07:08	07:36	06:48	07:16	06:42	07:11
08:27	08:55	08:22	08:50	08:11	08:40	08:06	08:35	07:46	08:14	07:41	08:10
09:24	09:53	09:19	09:48	09:16	09:45	09:07	09:35	08:43	09:13	08:42	09:11
13:40	14:08	13:33	14:01	10:13	10:42	10:04	10:32	12:45	13:14	09:40	В
14:37	15:05	14:30	14:58	11:11	В	11:01	В	14:01	14:30	13:14	13:42
15:44	16:12	15:38	16:06	15:32	16:01	15:27	15:55	14:58	15:27	14:15	14:44
16:49	17:18	16:44	17:13	16:39	17:08	16:34	17:02	16:01	16:29	15:12	15:41
17:46	18:15	17:41	18:10	17:36	18:05	17:31	17:59	17:05	17:33	16:12	16:41
18:53	19:22	18:46	19:15	18:39	19:07	18:32	19:00	18:02	18:30	17:10	К
19:51	К	19:44	К	19:50	20:19	19:29	19:57	18:59	К	---	---
---	---	---	---	20:48	К	20:26	К	---	---	---	---

РОЗДІЛ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ МАРШРУТУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ

3.1 Розрахунок параметрів світлофорного регулювання

Світлофорне регулювання на перехрестях та інших об'єктах транспортної мережі впроваджується для зменшення конфліктів транспортних та пішохідних потоків та підвищення безпеки дорожнього руху. При цьому, необхідною умовою є співвідношення інтенсивності руху транспортних та пішохідних потоків, яку регламентується правилами пофазного роз'їзду. В правилах зазначені граничні значення конфліктуючих транспортних та пішохідних потоків, поєднувати котрі в одній схемі роз'їзду не дозволяється. Схема пофазного роз'їзду формується на основі картограми інтенсивності потоків на перехресті (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Картограма інтенсивності потоків на перехресті

В першій фазі дозволено рух транспортним потокам 1-4 та паралельним їм пішохідним потокам (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Перша фаза регулювання

В першій фазі дозволено рух транспортним потокам 5-7 та паралельним їм пішохідним потокам (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Друга фаза регулювання

Для подальшого визначення параметрів світлофорного регулювання на перехресті зазначаємо геометричні особливості підходів до перехрестя. Підходи пронумеровані на рис. 3.1. Оскільки перехрестя є Х-образним, то таких підходів буде 8 (позначені виносками в червоно-білому колі). Перший та другий підходи мають по дві смуги руху шириною 3,5 м. Третій підхід має дві смуги руху шириною 3 м., четвертий підхід має одну смугу руху шириною 3 м. П'ятий та шостий підходи мають по одній смузі руху шириною 4,5 м. Сьомий та восьмий підходи мають по дві смуги шириною 3,5 м.

Зазначені характеристики підходів є основою для визначення потоків насичення. Також для визначення потоків насичення важливою є інформація щодо закріплення напрямків руху (потоків) за фазами (рис. 3.2 та 3.3). Формула визначення потоку насичення [7] для даного випадку закріплення потоків за фазами перетворюється в наступні залежності:

- для потоків 1-5, 7, 8:

$$M_{ji} = 525 \cdot B_{ji} \cdot k_{ji}, \quad (3.1)$$

- для потоку 6:

$$M_{ji} = 525 \cdot B_{ji} \cdot k_{ji}, \quad (3.2)$$

де B_{ji} – ширина смуги для i -го потоку, м;

k_{ji} – коефіцієнт, що враховує питому вагу поворотних потоків та потоку прямого напрямку в загальній інтенсивності руху на i -й смузі;

k_{ji} – коефіцієнт, що враховує вплив радіусу повороту на значення потоку насичення.

За (3.1) розраховуються потоки насичення для потоків, що розподіляються за напрямками при русі з однієї смуги, за (3.2) для поворотного потоку ліворуч, що рухається з окремої смуги.

Для ширини смуги в діапазоні значень 3,0 – 5,1 м добуток $525 \cdot B_{\text{п.}}$ визначається за таблицею з емпіричними даними [7]. Для смуги руху з підходу 5, потоку 7 отримуємо:

$$525 \cdot B_{\text{п.}} = 2275 \text{ авт./год.}$$

Складова (3.1) $k_{\text{п.}}$ визначається наступним співвідношенням [7]:

$$k_{\text{п.}} = \frac{100}{p_{\text{пр}} + 1,25 \cdot p_{\text{р}} + 1,75 \cdot p_{\text{л}}} \quad (3.3)$$

де $p_{\text{пр}}$ – відсоток інтенсивності потоку прямого напрямку, %;

$p_{\text{р}}$ – відсоток інтенсивності потоку праворуч, %;

$p_{\text{л}}$ – відсоток інтенсивності потоку ліворуч, %.

$$k_{\text{п.}} = \frac{100}{35 + 1,25 \cdot 60 + 1,75 \cdot 5} = 0,842.$$

Складова (3.2) визначається наступним співвідношенням [7]:

$$k_{\text{л.}} = \frac{1}{1,525 \cdot R} \quad (3.3)$$

де R – радіус руху потоку 6 ліворуч, м.

$$k_{\text{л.}} = \frac{1}{1,525 \cdot 16} = 0,912.$$

$$M_{\text{п.}} = 1850 \cdot 0,912 = 1689 \text{ авт./год.}$$

$$M_{\text{л.}} = 2275 \cdot 0,842 = 1915 \text{ авт./год.}$$

Фазові коефіцієнти визначаються наступним співвідношенням [7]:

$$Y_i = \frac{N_i}{M_{\text{ф.}}}, \quad (3.4)$$

де Y_i – фазовий коефіцієнт i -го потоку;

N_i – інтенсивність руху i -го потоку, авт./год.

$$Y_1 = \frac{27}{1689} = 0,02,$$

$$Y_7 = \frac{132 + 227 + 19}{1915} = 0,20.$$

Потоки насичення, як відповідно і фазові коефіцієнти для потоків 1-5 розраховуються аналогічно. Результати розрахунків представлені в табл. 3.1

Таблиця 3.1 – Значення потоків насичення та фазових коефіцієнтів

Показник	Номер потоку						
	1	2	3	4	5	6	7
Фаза	1	1	1	1	2	2	2
Ширина проїзної частини, м.	3,5	3,5	3,5	3,5	3	3	4,5
Потік насичення $525 \cdot B_{\text{пр.}}$, авт./год.	1925	1925	1925	1925	1850	1850	2275
Потік насичення з урахуванням поворотних потоків, авт./год.	1666	1883	1840	1657	1752	1689	1915
Інтенсивність руху, авт./год.	276	351	226	190	246	27	378
Фазовий коефіцієнт	0,17	0,19	0,12	0,11	0,14	0,02	0,20
Розрахунковий фазовий коефіцієнт	0,19					0,20	

В кожній фазі приймаються до розрахунку максимальні для кожної з фаз фазові коефіцієнти – $Y_1=0,19$, $Y_2=0,20$.

Для визначення тривалостей проміжних тактів, необхідні значення швидкості проїзду перехрестя (маневр зходу), відстань до дальньої конфліктної точки для кожної фази, габаритну довжину транспортного засобу, що частіше зустрічається в потоці, уповільнення транспортного засобу при вмиканні забороняючого сигналу [7]:

$$t_{f1} = \frac{45}{7,2 \cdot 3} + \frac{3,6 \cdot (19 + 5)}{45} = 4,0 \text{ с.},$$

$$t_{f2} = \frac{40}{7,2 \cdot 3} + \frac{3,6 \cdot (24 + 5)}{40} = 4,5 \text{ с.}$$

Вимоги безпеки руху є такими, що тривалість проміжних тактів повинна знаходитись в діапазоні 3-4 с. Тому – $t_{f1} = 4,0 \text{ с.}$, $t_{f2} = 4,0 \text{ с.}$

Тривалість світлофорного циклу враховує сумарні тривалості проміжних тактів та значення розрахункових фазових коефіцієнтів [7]:

$$T_{\text{св}} = \sum_{i=1}^m t_{fi} \quad (3.5)$$

$$Y = \sum_{i=1}^m Y_i \quad (3.6)$$

де m – кількість фаз регулювання, од..

$$T'_{\text{св}} = 4 + 4 = 8 \text{ с.},$$

$$Y = 0,19 + 0,20 = 0,39,$$

$$T_{\text{с}} = \frac{(1,5 \cdot 8 + 5)}{(1 - 0,39)} = 28 \text{ с.}$$

Тривалості основних тактів є функцією ефективного часу горіння зеленого сигналу світлофора за вирахуванням сумарної тривалості проміжних тактів [7]:

$$t_{\text{с1}} = \frac{(28 - 8) \cdot 0,19}{0,39} = 10 \text{ с.}$$

$$t_{\text{с2}} = \frac{(28 - 8) \cdot 0,20}{0,39} = 10 \text{ с.}$$

Час, необхідний для перетину пішоходами перехрестя в дозволенні для цього місцях визначається з урахуванням ширини перетину проїзної частини за наступним співвідношенням [7]:

$$t_{\text{пер}} = 5 + \frac{B}{V_{\text{п.д.}}} \quad (2.7)$$

де $V_{\text{п.д.}}$ швидкість руху пішоходів, м/с.

В першій фазі:

$$t_{\text{пер1}} = 5 + \frac{9}{1,3} = 12 \text{ с.}$$

В другій фазі:

$$t_{\text{доп.2}} = 5 + \frac{3,5 \cdot 4}{13} = 16 \text{ с.}$$

Оскільки розраховані значення $t_{\text{доп.1}}$ та $t_{\text{доп.2}}$ менші за відповідні значення $t_{\text{доп.1}}$ та $t_{\text{доп.2}}$, або $t_{\text{доп.1}} \leq t_{\text{доп.1}}$ та $t_{\text{доп.2}} \leq t_{\text{доп.2}}$, то тривалість основних тактів необхідно збільшити для забезпечення пішоходного руху від конфліктів з транспортними потоками. Приймаємо $t_{\text{доп.1}} = 12$ с. та $t_{\text{доп.2}} = 16$ с.

Час циклу для представленої перехрестя буде являти собою суму основних та проміжних тактів:

$$T = 12 + 4 + 16 + 4 = 36 \text{ с.}$$

Представляємо циклограму роботи світлофорів на перехресті на рис. 3.4. Циклограма є результатом створення груп сигналів, вибору режиму зміни сигналів на світлофорах та їх тривалості.



Рисунок 3.4 – Циклограма роботи світлофорів на перехресті

Представляємо схему перехрестя у 3-D вигляді (рис. 3.5). На схемі перехрестя розташовані транспортні та пішоходні світлофори на стойках, та нанесена розмітка.



Рисунок 3.5 — Схема перехрестя у 3-D вигляді

Моделюємо рух транспортних та пішохідних потоків на перехресті в фазах 1 та 2 (рис. 3.6, 3.7).



Рисунок 3.6 — Процес руху транспортних та пішохідних потоків на перехресті в першій фазі

При імітації руху в кожній фазі можна відстежувати показники дорожнього руху, що представлені в табл. 3.2. В табл. 3.2 представлені сумарні значення показників, окрім значення затримки 12,60* с., що є середньозваженого величини. Напрямки руху в табл. 3.2 позначені згідно схеми, представленої на рис. 3.1 з картограмами інтенсивності потоків на

перехресні (виноски в червоно-білому колі). Показники руху імітуються обмежену кількість часу, з урахуванням моделювання в студентській версії програми.

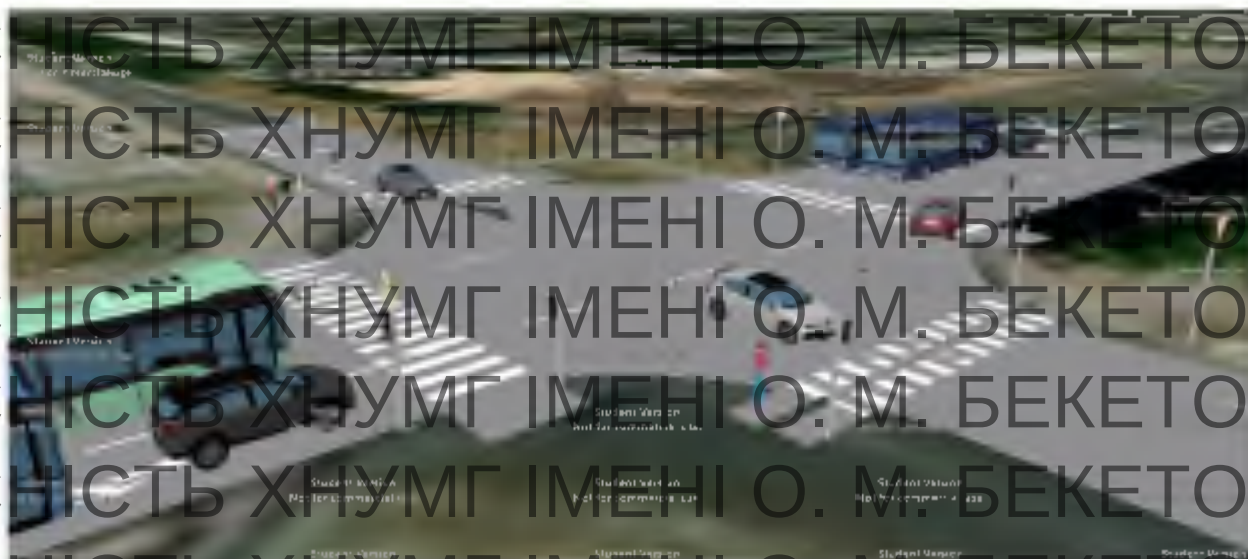


Рисунок 3.7 Процес руху транспортних та пішохідних потоків на перехресті в другій фазі

Таблиця 3.2 – Показники дорожнього руху

Напрямок руху згідно схеми перехрестя	Інтенсивність, авт.	Затримки, с.	Викиди CO, гр.	Викиди NO _x , гр.	Викиди летючих органічних сполук, гр.	Витрати палива, л.
1-4	7	20,58	6,53	1,27	1,51	0,55
1-6	6	39,43	10,05	1,96	2,33	0,54
1-8	53	12,33	29,56	5,75	6,85	1,60
3-2	4	0,95	0,49	0,10	0,11	0,05
3-6	34	9,96	16,49	3,21	3,82	0,89
3-8	13	6,29	5,07	0,99	1,18	0,27
5-2	25	8,80	13,36	2,60	3,10	0,72
5-4	23	8,59	10,16	1,98	2,35	0,55
5-8	2	11,83	1,42	0,28	0,33	0,08
7-2	87	12,80	47,14	9,17	10,92	2,55
7-4	12	27,52	14,80	2,88	3,43	0,80
7-6	4	14,50	2,81	0,55	0,65	0,15
Всього	270	12,60*	157,88	30,72	36,59	8,55

3.2 Висновки по розділу

В третьому розділі роботи імітовано рух транспортних та пішохідних потоків на перехресті в програмному середовищі PTV Vissim. Для імітації попередньо проведені розрахунки, що засновані на інтенсивності руху транспортних потоків: визначені потоки насичення для потоків 1 – 7, визначений час циклу – 28 с., який потім скорегований з урахуванням руху пішоходів та збільшений до 36 с., за рахунок збільшення основних тактів на 2 с. та 6 с. відповідно в кожній з фаз. Сформована схема перехрестя з розташованими транспортними та пішохідними світлофорами на стойках, та нанесена розмітка. Показники дорожнього руху в результаті імітації вказують на значення затримки 12,6 с., викиди CO – 157,88 гр., та витрати палива 8,55 л.

ВИСНОВКИ

В першому розділі роботи визначені підходи до підвищення ефективності перевізного процесу пасажирських транспортних засобів на маршрутах. Такі підходи, за умови ефективної організації перевезень пасажирів здатні забезпечити регулярність руху, скоротити час поїздки пасажирів, підвищити ефективність використання рухомого складу та покращити загальні показники функціонування пасажирської транспортної системи.

При виконанні другого розділу роботи складено графік роботи дванадцяти автобусів на маршруті. Робота автобусів чітко регламентується вимогами щодо тривалості перерв та часу праці. Графік має високий коефіцієнт ефективності 0,992. Попередньо були визначені технологічні показники щодо обсягу перевезень, пасажирообороту на маршруті, середньої відстані поїздки, коефіцієнта змінюваності, коефіцієнтів використання місткості. Час обороту, визначення для експлуатаційної швидкості в двадцять кілометрів на годину становить 57 хвилин. Також спрогнозовані обсяги перевезень пасажирів на 2026 рік з урахуванням оптимістичного та песимістичного прогнозів.

В третьому розділі роботи імітовано рух транспортних та пішоходних потоків на перехресті в програмному середовищі PTV Vissim. Для імітації попередньо проведені розрахунки, що засновані на інтенсивності руху транспортних потоків: визначені потоки насичення для потоків 1 – 7, визначений час циклу – 28 с., який потім скорегований з урахуванням руху пішоходів та збільшений до 36 с., за рахунок збільшення основних тактів на 2 с. та 6 с. відповідно в кожній з фаз. Сформована схема перехрестя з розташованими транспортними та пішохідними світлофорами на стойках, та нанесена розмітка. Показники дорожнього руху в результаті імітації вказують на значення затримки 12,6 с., викиди CO – 157,88 гр., та витрати палива 8,55 л.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ceder, A. (2016). *Public transit planning and operation: Modeling, practice and behavior* (2nd ed.). CRC Press.
2. Vuchic, V. R. (2005). *Urban transit: Operations, planning, and economics*. John Wiley & Sons.
3. Tirachini, A. (2013). Estimation of travel time and the benefits of upgrading the fare payment system in urban bus services. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 30, 239–256.
4. Wirasinghe, S. C., Ghoneim, N. S. (1981). Spacing of bus stops for many to many travel demand. *Transportation Science*, 15(3), 210–221.
5. Transportation Research Board. (2013). *Transit capacity and quality of service manual* (3rd ed.). Washington, DC: National Academies Press.
6. Доля В. К. Пасажи́рські перевезення: Підручник. – Харків: «Вид-во «Форт», 2014. – 504 с.
7. Добашев, О. О., Прасоленко О. В. "Практикум з дисципліни «Організація дорожнього руху»: навч. посіб." Х.: ХНУМГ, 2014. – 349 с.

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 - Обсяги перевезень в 2026 році, тис. тас.

Часова шкала	Значення	Прогноз	Нижня довірна границя	Верхня довірна границя
1	120,0			
2	128,4			
3	124,1			
4	121,2			
5	135,8			
6	135,5			
7	133,0			
8	134,0			
9	120,4			
10	121,9			
11	139,8			
12	128,3			
13	130,3			
14	128,4			
15	121,8			
16	122,7			
17	121,2			
18	129,1			
19	132,5			
20	124,9			
21	128,3			
22	126,9			
23	129,4			
24	138,5			
25	122,0			
26	131,2			
27	127,2			
28	137,4			
29	128,0			
30	128,5			
31	122,5			
32	138,6			
33	127,7			
34	124,1			
35	125,5			
36	124,9	124,9	124,9	124,9
37		125,4	111,6	139,1
38		128,2	114,1	142,4

Продовження табл. А.1

Часова шкала	Значення	Прогноз	Нижня довірна границя	Верхня довірна границя
39		122,2	107,7	136,8
40		124,3	109,4	139,3
41		122,4	107,0	137,8
42		128,3	112,6	144,1
43		127,9	111,8	144,1
44		130,0	113,4	146,5
45		123,3	106,3	140,2
46		122,0	104,7	139,3
47		129,6	112,0	147,3
48		127,6	109,6	145,7

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 – Визначення показників перевезень пасажирів

Зупинний пункт	$Q_{\text{пр}}, \text{пас.}$	$Q_{\text{зр}}, \text{пас.}$	$F_i, \text{пас.}$	$L_i, \text{км.}$	$P_i, \text{пас. км.}$	Зупинний пункт	$Q_{\text{пр}}, \text{пас.}$	$Q_{\text{зр}}, \text{пас.}$	$F_i, \text{пас.}$	$L_i, \text{км.}$	$P_i, \text{пас. км.}$
Перший оберт						Зворотний напрям					
Прямий напрям						Зворотний напрям					
1	19	0	19	0,656	12,5	1	17	0	0	0	0,0
2	19	2	21	0,548	17,6	2	22	5	13	0,656	8,5
3	16	2	18	0,758	36,4	3	22	5	30	0,518	15,5
4	15	2	17	0,534	32,6	4	20	6	47	0,758	35,6
5	14	2	16	0,504	36,8	5	20	7	61	0,534	32,6
6	13	4	17	0,416	34,1	6	19	7	74	0,504	37,3
7	12	15	27	0,359	28,4	7	19	11	86	0,416	35,8
8	9	16	25	0,407	29,3	8	16	14	94	0,359	33,7
9	4	19	23	0,722	44,8	9	15	15	96	0,407	39,1
10	7	10	17	0,837	49,4	10	15	15	96	0,722	69,3
11	5	14	19	0,383	19,2	11	14	16	96	0,837	80,4
12	4	15	19	0,919	35,8	12	4	18	94	0,383	36,0
13	4	15	19	0,684	19,2	13	3	18	80	0,919	73,5
14	4	11	15	0,688	14,4	14	3	21	65	0,684	44,5
15	3	10	13	0,564	7,9	15	3	22	47	0,688	32,3
16	2	8	10	0,552	4,4	16	2	18	28	0,564	15,8
17	0	8	8	0	0,0	17	0	12	12	0,552	6,6
Всього	153	153	-	9,501	422,7	Всього	210	210	-	9,501	596,6
$\bar{L}, \text{км.}$	2,76	3,27	0,520	0,494		$\bar{L}, \text{км.}$	2,84	3,30	0,508		0,698
Другий оберт						Зворотний напрям					
Прямий напрям						Зворотний напрям					

Зупинний пункт	$Q_{\text{вх}}, \text{ пас}$	$Q_{\text{вих}}, \text{ пас}$	$F_i, \text{ пас}$	$l_i, \text{ км}$	$W_i, \text{ пас} \cdot \text{км}$	Зупинний пункт	$Q_{\text{вх}}, \text{ пас}$	$Q_{\text{вих}}, \text{ пас}$	$F_i, \text{ пас}$	$l_i, \text{ км}$	$W_i, \text{ пас} \cdot \text{км}$
8	7	8	61	0,407	26,0	8	15	14	71	0,359	25,5
9	4	10	58	0,722	41,9	9	12	15	72	0,407	29,3
10	4	9	53	0,837	44,4	10	11	18	69	0,722	49,8
11	3	10	46	0,383	17,6	11	11	18	62	0,837	51,9
12	2	13	35	0,919	32,2	12	9	18	55	0,383	21,1
13	2	12	25	0,684	17,1	13	7	18	46	0,919	42,3
14	2	11	16	0,688	11,0	14	6	10	35	0,684	23,9
15	2	10	8	0,564	4,5	15	5	12	31	0,688	21,3
16	2	5	5	0,552	2,8	16	3	15	24	0,564	13,5
17	0	5	0	0	0,0	17	0	12	12	0,552	6,6
Всього	133	133	-	9,501	385,8	Всього	213	213	-	9,501	448,0
$\bar{l}, \bar{Q}_{\text{вх}}, \bar{Q}_{\text{вих}}, \bar{F}_i$	2,90	2,90	3,19	0,471	0,451	$\bar{l}, \bar{Q}_{\text{вх}}, \bar{Q}_{\text{вих}}, \bar{F}_i$	2,10	2,10	4,41	0,538	0,524

Четвертий оберт

Приймчий напрямок						Зворотний напрямок					
1	19	0	19	0,656	12,5	1	12	0	0	0	0,0
2	18	5	34	0,518	17,6	2	14	1	12	0,656	7,9
3	18	3	49	0,758	37,1	3	13	2	25	0,518	13,0
4	16	5	62	0,534	33,1	4	15	3	36	0,758	27,3
5	15	5	72	0,504	36,3	5	17	4	48	0,534	25,6
6	15	7	80	0,416	33,3	6	17	5	61	0,504	30,7
7	11	9	82	0,359	29,4	7	16	6	73	0,416	30,4
8	9	11	80	0,407	32,6	8	16	11	83	0,359	29,8
9	4	11	78	0,722	56,3	9	15	13	88	0,407	35,8
10	8	13	73	0,837	61,1	10	14	15	90	0,722	65,0
11	8	13	68	0,383	26,0	11	13	16	89	0,837	74,5
12	6	14	60	0,919	55,1	12	11	17	86	0,383	32,9
13	5	14	5	0,684	34,9	13	8	20	80	0,919	73,5
14	3	16	38	0,688	26,1	14	4	22	68	0,684	46,5

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА
ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА
ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Зупинний пункт	$Q_{\text{вх}}, \text{ пас}$	$Q_{\text{вих}}, \text{ пас}$	$F_i, \text{ пас}$	$l_i, \text{ км}$	$W, \text{ пас} \cdot \text{км}$	Зупинний пункт	$Q_{\text{вх}}, \text{ пас}$	$Q_{\text{вих}}, \text{ пас}$	$F_i, \text{ пас}$	$l_i, \text{ км}$	$W, \text{ пас} \cdot \text{км}$
15	3	18	23	0,564	13,0	15	3	23	50	0,688	34,4
16	1	18	6	0,552	3,3	16	2	18	30	0,564	16,9
17	0	6	0	0	0,0	17	0	14	14	0,552	7,7
Всього	164	164	-	9,501	507,8	Всього	190	190	-	9,501	552,0
$\bar{l}, \eta, \gamma, \gamma_0$	3,26	2,99	-	0,608	0,594	$\bar{l}, \eta, \gamma, \gamma_0$	2,97	3,25	-	0,648	0,645
П'ятий оберт											
Прямий напрям						Зворотний напрям					
1	18	0	18	0,656	11,8	1	24	0	0	0	0,0
2	18	3	33	0,648	17,1	2	18	3	24	0,656	15,7
3	15	5	43	0,758	32,6	3	18	4	39	0,548	20,2
4	15	5	53	0,534	28,3	4	18	5	53	0,758	40,2
5	11	5	62	0,501	31,2	5	18	8	66	0,534	35,2
6	14	7	69	0,416	28,7	6	15	9	76	0,504	38,3
7	12	9	72	0,359	25,8	7	14	11	82	0,416	34,1
8	11	11	72	0,407	29,3	8	12	11	85	0,359	30,5
9	10	10	72	0,722	52,0	9	12	11	86	0,407	35,0
10	10	11	71	0,837	59,4	10	11	16	87	0,722	62,8
11	9	12	68	0,383	26,0	11	11	18	82	0,837	68,6
12	8	13	63	0,919	57,9	12	9	19	75	0,383	28,7
13	7	15	65	0,684	37,6	13	5	19	65	0,919	59,7
14	6	15	46	0,688	31,6	14	4	23	51	0,684	34,9
15	6	16	36	0,664	20,3	15	4	17	32	0,688	22,0
16	3	18	20	0,552	11,0	16	3	14	14	0,564	10,7
17	0	20	0	0	0,0	17	0	8	8	0,552	4,4
Всього	175	175	-	9,501	500,9	Всього	196	196	-	9,501	541,2
$\bar{l}, \eta, \gamma, \gamma_0$	2,86	3,29	-	0,592	0,586	$\bar{l}, \eta, \gamma, \gamma_0$	2,76	3,37	-	0,646	0,633
Шостий оберт											
Прямий напрям						Зворотний напрям					

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Зупинний пункт	$Q_{\text{вх}}, \text{ пас}$	$Q_{\text{вих}}, \text{ пас}$	$F_i, \text{ пас}$	$l_i, \text{ км}$	$W, \text{ пас} \cdot \text{км}$	Зупинний пункт	$Q_{\text{вх}}, \text{ пас}$	$Q_{\text{вих}}, \text{ пас}$	$F_i, \text{ пас}$	$l_i, \text{ км}$	$W, \text{ пас} \cdot \text{км}$
1	18	0	18	0,656	11,8	1	18	0	18	0	0,0
2	17	2	33	0,518	17,1	2	21	3	13	0,656	8,5
3	16	3	46	0,758	34,9	3	20	6	31	0,518	16,1
4	14	4	56	0,534	29,9	4	19	7	46	0,758	34,9
5	10	4	62	0,504	31,2	5	17	7	58	0,534	31,0
6	9	6	63	0,446	27,0	6	15	10	68	0,504	34,3
7	9	8	66	0,359	23,7	7	14	10	73	0,416	30,4
8	8	8	64	0,407	26,0	8	14	10	77	0,559	27,6
9	5	9	60	0,722	43,3	9	13	13	81	0,407	33,0
10	5	11	54	0,837	45,2	10	13	14	81	0,722	58,5
11	4	12	46	0,383	17,6	11	11	14	80	0,837	67,0
12	4	12	38	0,919	34,9	12	9	15	77	0,383	29,5
13	3	13	28	0,684	19,2	13	8	17	71	0,919	65,2
14	3	12	19	0,688	13,1	14	8	18	62	0,684	42,4
15	2	10	11	0,564	6,2	15	5	19	52	0,688	35,8
16	1	7	5	0,552	2,8	16	4	21	38	0,564	21,4
17	0	5	0	0	0,0	17	0	21	21	0,552	11,6
Всього	126	126	-	9,501	384,0	Всього	204	204	-	9,501	547,1
$\bar{l}, \eta, F_{\text{ср}}, Z_0$		3,05	3,0	0,466	0,449	$\bar{l}, \eta, F_{\text{ср}}, Z_0$		2,68	3,52	0,645	0,640

Сюмний оберт

Прямий напрямок

Зворотний напрямок

1	10	0	10	0,656	6,6	1	6	0	0	0	0,0
2	18	3	23	0,548	13,0	2	12	3	6	0,656	3,9
3	19	4	40	0,758	30,3	3	14	3	15	0,518	7,8
4	19	5	54	0,534	28,8	4	14	3	26	0,758	19,7
5	17	5	66	0,504	33,3	5	16	4	37	0,534	19,8
6	16	7	75	0,416	31,2	6	15	5	49	0,504	24,7
7	15	8	82	0,359	29,4	7	14	8	59	0,416	24,5

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Восьмий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	19	0	19	0,656	12,5	1	5	0	0	0	0,0
2	18	5	22	0,518	16,6	2	5	2	5	0,656	3,3
3	17	5	44	0,758	33,4	3	11	2	8	0,518	4,1
4	16	7	53	0,534	28,3	4	10	3	17	0,758	12,9
5	16	12	57	0,504	28,7	5	14	4	24	0,534	12,8
6	14	12	59	0,416	24,5	6	19	6	34	0,504	17,1
7	10	13	56	0,559	20,1	7	19	9	47	0,416	19,6
8	9	14	51	0,407	20,8	8	18	11	57	0,559	20,5
9	8	14	45	0,722	32,5	9	17	12	64	0,407	26,0
10	7	14	38	0,837	31,8	10	15	14	69	0,722	49,8
11	7	15	30	0,883	11,5	11	12	15	70	0,837	58,6
12	4	10	24	0,919	22,1	12	12	17	67	0,883	25,7
13	4	10	18	0,684	12,3	13	9	19	62	0,919	57,0
14	3	8	13	0,688	8,9	14	9	22	52	0,684	35,6

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА
ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА
ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Зупинний пункт	$Q_{\text{вх}}, \text{ пас}$	$Q_{\text{вих}}, \text{ пас}$	$F_i, \text{ пас}$	$l_i, \text{ км}$	$W_i, \text{ пас} \cdot \text{км}$	Зупинний пункт	$Q_{\text{вх}}, \text{ пас}$	$Q_{\text{вих}}, \text{ пас}$	$F_i, \text{ пас}$	$l_i, \text{ км}$	$W_i, \text{ пас} \cdot \text{км}$
15	3	7	9	0,564	5,1	15	4	22	39	0,688	26,8
16	2	6	5	0,552	2,8	16	6	14	23	0,564	13,0
17	0	5	0	0	0,0	17	0	5	15	0,552	8,3
Всього	157	157	-	9,501	311,8	Всього	187	187	-	9,501	391,0
$\bar{l}, \eta, \gamma, \gamma_0$		2,99	4,54	0,384	0,365	$\bar{l}, \eta, \gamma, \gamma_0$		2,09	4,59	0,458	0,457
Дев'ятий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	20	0	20	0,656	13,1	1	25	0	0	0	0,0
2	19	5	36	0,648	18,6	2	22	6	25	0,656	16,4
3	19	4	51	0,758	38,7	3	22	8	41	0,548	21,2
4	17	8	60	0,534	32,0	4	21	8	55	0,758	41,7
5	15	9	66	0,504	33,3	5	15	10	68	0,534	36,3
6	14	10	70	0,416	29,1	6	14	10	73	0,504	36,8
7	12	11	71	0,359	25,5	7	13	12	77	0,416	32,0
8	12	15	68	0,407	27,7	8	12	12	78	0,359	28,0
9	11	16	65	0,722	45,5	9	11	12	78	0,407	31,7
10	10	16	57	0,837	47,7	10	10	13	77	0,722	55,6
11	9	17	49	0,383	18,8	11	10	14	74	0,837	61,9
12	7	17	39	0,919	35,8	12	15	17	70	0,383	26,8
13	7	18	28	0,684	19,2	13	6	18	68	0,919	62,5
14	7	19	16	0,688	11,0	14	6	18	56	0,684	38,3
15	6	12	10	0,664	5,6	15	4	23	44	0,688	30,3
16	6	9	7	0,552	3,9	16	4	14	25	0,564	14,1
17	0	7	0	0	0,0	17	0	15	15	0,552	8,3
Всього	191	191	-	9,501	405,3	Всього	210	210	-	9,501	542,0
$\bar{l}, \eta, \gamma, \gamma_0$		2,12	4,30	0,494	0,474	$\bar{l}, \eta, \gamma, \gamma_0$		2,58	3,64	0,642	0,634
Десятий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА
ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА
ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Зупинний пункт	$Q_{\text{вх}}, \text{ пас}$	$Q_{\text{вих}}, \text{ пас}$	$F_i, \text{ пас}$	$l_i, \text{ км}$	$П., \text{ пас} \cdot \text{км}$	Зупинний пункт	$Q_{\text{вх}}, \text{ пас}$	$Q_{\text{вих}}, \text{ пас}$	$F_i, \text{ пас}$	$l_i, \text{ км}$	$П., \text{ пас} \cdot \text{км}$
8	12	11	72	0,407	29,3	8	14	10	90	0,559	32,3
9	11	11	72	0,722	52,0	9	13	12	94	0,407	38,3
10	11	15	68	0,837	56,9	10	11	13	95	0,722	68,6
11	11	15	64	0,383	24,5	11	9	13	93	0,837	77,8
12	11	16	59	0,919	54,2	12	5	14	89	0,383	34,1
13	10	16	53	0,688	36,3	13	3	16	80	0,919	73,5
14	6	17	42	0,688	28,9	14	3	23	67	0,688	45,8
15	4	18	28	0,564	15,8	15	5	23	47	0,688	32,3
16	4	19	13	0,552	7,2	16	2	14	27	0,564	15,2
17	0	13	0	0	0,0	17	0	15	15	0,552	8,3
Всього	186	186	-	9,501	480,9	Всього	193	193	-	9,501	616,0
$\bar{l}, \text{ м}, \sigma, \gamma, \beta$	2,59	3,62	-	0,569	0,562	$\bar{l}, \text{ м}, \sigma, \gamma, \beta$	3,19	2,93	-	0,728	0,720

Дванадцятий оберт

Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	10	0	10	0,656	6,6	1	11	0	0	0	0,0
2	10	1	19	0,518	9,8	2	21	3	11	0,656	7,2
3	9	2	26	0,758	19,7	3	18	5	29	0,518	15,0
4	8	2	32	0,534	17,1	4	18	7	42	0,758	31,8
5	8	5	37	0,504	18,6	5	17	7	53	0,534	28,3
6	13	4	46	0,416	19,1	6	16	9	63	0,504	31,8
7	13	5	54	0,559	19,4	7	16	10	70	0,416	29,1
8	12	6	60	0,407	24,1	8	15	11	76	0,559	27,3
9	11	6	63	0,722	46,9	9	15	12	80	0,407	32,6
10	11	7	69	0,837	57,8	10	13	13	83	0,722	59,9
11	11	11	69	0,383	26,4	11	13	16	83	0,837	69,5
12	8	12	65	0,919	59,7	12	9	17	80	0,383	30,6
13	7	15	57	0,688	39,0	13	8	20	72	0,919	66,2
14	5	16	46	0,688	31,6	14	5	21	60	0,688	41,0

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА
ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА
 ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА
 ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Зупинний пункт	$Q_{\text{вх}}, \text{ пас}$	$Q_{\text{вих}}, \text{ пас}$	$F_i, \text{ пас}$	$l_i, \text{ км}$	$W, \text{ пас} \cdot \text{км}$	Зупинний пункт	$Q_{\text{вх}}, \text{ пас}$	$Q_{\text{вих}}, \text{ пас}$	$F_i, \text{ пас}$	$l_i, \text{ км}$	$W, \text{ пас} \cdot \text{км}$
15	4	17	33	0,564	18,6	15	5	21	44	0,688	30,3
16	2	17	18	0,552	9,9	16	5	21	28	0,564	15,8
17	0	18	0	0	0,0	17	0	2	12	0,552	6,6
Всього	142	142	-	9,501	424,8	Всього	205	205	-	9,501	523,0
$\bar{l}, \eta, \gamma, \gamma_0$		2,99	3,22	0,490	0,497	$\bar{l}, \eta, \gamma, \gamma_0$		2,55	3,71	0,615	0,612
Тринадцятий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	19	0	19	0,656	12,5	1	6	0	0	0	0,0
2	19	2	36	0,648	18,6	2	8	4	6	0,656	3,9
3	18	3	51	0,758	38,7	3	25	4	10	0,548	5,2
4	18	3	66	0,534	35,2	4	16	4	31	0,758	23,5
5	17	5	78	0,501	39,3	5	15	6	43	0,534	23,0
6	15	10	83	0,416	34,5	6	14	7	52	0,504	26,2
7	15	12	86	0,359	30,9	7	12	8	59	0,416	24,5
8	11	13	84	0,407	34,2	8	12	9	63	0,359	22,6
9	9	15	78	0,722	56,3	9	10	9	66	0,407	26,9
10	8	17	69	0,837	57,8	10	10	12	67	0,722	48,4
11	7	15	61	0,383	23,4	11	8	15	65	0,837	54,4
12	6	15	52	0,919	47,8	12	8	15	58	0,383	22,2
13	5	14	43	0,684	29,4	13	6	15	51	0,919	46,9
14	5	13	35	0,688	24,1	14	6	15	42	0,684	28,7
15	4	12	27	0,664	15,2	15	3	20	33	0,688	22,7
16	3	10	20	0,552	11,0	16	3	12	16	0,564	9,0
17	0	20	0	0	0,0	17	0	7	7	0,552	3,9
Всього	179	179	-	9,501	508,9	Всього	162	162	-	9,501	392,0
$\bar{l}, \eta, \gamma, \gamma_0$		2,84	3,23	0,617	0,595	$\bar{l}, \eta, \gamma, \gamma_0$		2,42	3,87	0,465	0,458
Чотирнадцятий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					

пункт	$Q_{\text{вн.}}$ пас	$Q_{\text{вн.}}$ пас	F_i пас	l_i км	U_i пас км	Зупинний пункт	$Q_{\text{вн.}}$ пас	$Q_{\text{вн.}}$ пас	F_i пас	l_i км
19	0	19	0,656	12,5	12,5	1	24	0	0	0
19	1	37	0,518	19,2	19,2	2	23	3	24	0,656
19	3	53	0,758	40,2	40,2	3	22	8	44	0,518
18	5	68	0,534	36,3	36,3	4	21	8	58	0,758
18	6	80	0,504	40,3	40,3	5	19	9	71	0,534
14	9	85	0,446	35,4	35,4	6	11	81	0,504	
13	11	87	0,359	31,2	31,2	7	16	12	86	0,416
12	13	86	0,407	35,0	35,0	8	15	14	90	0,359
12	14	84	0,722	60,6	60,6	9	13	19	91	0,407
10	15	79	0,837	66,1	66,1	10	12	19	85	0,722
9	17	71	0,383	27,2	27,2	11	10	20	78	0,837
8	17	62	0,919	57,0	57,0	12	8	21	68	0,383
8	18	52	0,684	35,6	35,6	13	7	21	55	0,919
6	18	40	0,688	27,5	27,5	14	7	21	41	0,684
3	19	24	0,564	13,5	13,5	15	6	20	27	0,688
2	18	8	0,552	4,4	4,4	16	5	13	13	0,564
0	8	0	0	0,0	0,0	17	0	5	5	0,552
190	190	-	9,501	542,0	542,0	Всього	224	224	-	9,501
$\eta, \eta_{\text{вн.}}, \gamma_0$	2,85	3,26	0,649	0,634	0,634	$\eta, \eta_{\text{вн.}}, \gamma_0$	2,35	3,91	0,637	
Питання і відповіді						Відповіді				
Прямий напрямок						Зворотний напрямок				
16	0	16	0,656	10,5	10,5	5	0	0	0	0
19	1	24	0,548	17,6	17,6	5	2	5	0,656	
18	2	50	0,758	37,9	37,9	3	10	8	0,518	
18	4	64	0,534	34,2	34,2	4	10	15	0,758	
14	4	74	0,504	37,3	37,3	5	19	21	0,534	
13	5	82	0,416	34,1	34,1	6	19	34	0,504	
12	7	87	0,359	31,2	31,2	7	16	44	0,416	

Зупинний пункт	$Q_{\text{вх}}, \text{ пас}$	$Q_{\text{вих}}, \text{ пас}$	$F_i, \text{ пас}$	$l_i, \text{ км}$	$П_i, \text{ пас} \cdot \text{км}$	Зупинний пункт	$Q_{\text{вх}}, \text{ пас}$	$Q_{\text{вих}}, \text{ пас}$	$F_i, \text{ пас}$	$l_i, \text{ км}$	$П_i, \text{ пас} \cdot \text{км}$
8	12	9	90	0,407	36,6	8	16	10	48	0,559	17,2
9	12	4	93	0,722	67,1	9	14	12	54	0,407	22,0
10	11	12	92	0,837	77,0	10	12	13	56	0,722	40,4
11	9	12	89	0,385	34,1	11	10	14	55	0,837	46,0
12	4	13	85	0,919	78,1	12	4	14	51	0,385	19,5
13	3	17	71	0,688	48,6	13	8	15	46	0,919	42,3
14	2	18	55	0,688	37,8	14	7	15	39	0,688	26,7
15	1	18	38	0,564	21,4	15	6	18	31	0,688	21,3
16	1	19	20	0,552	11,0	16	3	13	19	0,564	10,7
17	0	20	0	0	0,0	17	0	9	9	0,552	5,0
Всього	170	170	-	9,501	614,7	Всього	169	169	-	9,501	316,6
$\bar{l}, \text{ м}, \sigma, \sigma_{\text{л}}$		3,62	2,61	0,722	0,719	$\bar{l}, \text{ м}, \sigma, \sigma_{\text{л}}$		1,87	3,05	0,722	0,370