

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 організації перевезень на
міському автобусному маршруті з добовим обсягом
перевезень 6144 пасажирів**

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

Калина А. А.

Керівник Вакуленко К. Є.

Рецензент Копитков Д. М.

Харків – 2026 року

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

Національний енергетичний, інформаційний та транспортний інфраструктури

Кафедра Транспортних систем і логістики

Освітньо-кваліфікаційний рівень Бакалавр

Спеціальність 275 «Транспортні технології»

Освітня програма Спеціалізація

«Транспортні технології (міський транспорт)»

Підпис

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

проф. Куд Є. І.

20 26 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ

Калині Анні Андріївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Проектування організації перевезень на міському автобусному маршруті з добовим обсягом перевезень 6144 пасажирів

керівник проекту (роботи) доц. Вакуленко К. Є., к. т. н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 22 травня 2026 р.
№ 440-05.

Строк подання студентом проекту (роботи) 11 червня 2026 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Маршрут перевезень пасажирів із зазначенням характеристик пасажирообміну, довжини перегонів, часових характеристик рейсів та пасажиропотоків, перехрестя маршруту із значеннями інтенсивності руху на ньому.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. Дослідження теоретичних положень. Розробка технології перевезень пасажирів на маршруті. Організація дорожнього руху на перехресті маршруту. 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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціал та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання приймав
Антикібернет	Інженер каф. ТС І.І.Толмачов І.О.		

7. Дата видачі завдання 01.05.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Дослідження теоретичних положень	01.05-12.05.26	Вик.
2	Розробка технології перевезень пасажирів на маршруті	13.05-25.05.26	Вик.
3	Організація дорожнього руху на перехресті маршруту	26.05-03.06.26	Вик.
4	Оформлення пояснювальної записки	04.06-09.06.26	Вик.
5	Оформлення презентації до ДП	10.06-11.06.26	Вик.

Студентка

Калина А. А.

(підпис)

(підпис та підписати)

Керівник роботи

Вакуленко К. Є.

(підпис)

(підпис та підписати)

Додаток
з вихідними даними до виконання кваліфікаційної роботи студентки

Калиш А. А.

Таблиця 1 – Показники пасажирообміну на зупиночних пунктах маршруту

Прямий напрямок			Зворотній напрямок		
Номер зупинки	Пасажирообмін, пас.		Номер зупинки	Пасажирообмін, пас.	
	$Q_{\text{пр}}$	$Q_{\text{пр}}$		$Q_{\text{зв}}$	$Q_{\text{зв}}$
1	383	0	1	401	0
2	370	112	2	360	144
3	333	149	3	344	169
4	343	194	4	319	201
5	319	249	5	302	230
6	298	283	6	287	262
7	266	276	7	306	277
8	234	285	8	293	313
9	171	336	9	261	339
10	132	341	10	190	404
11	102	343	11	120	420
12	0	393	12	0	424
Всього	2961	2961	Всього	3183	3183

Таблиця 2 – Розподіл пасажиропотоку по годинах доби

Година доби	Пасажиро-потік, пас/год.	Година доби	Пасажиро-потік, пас/год.	Година доби	Пасажиро-потік, пас/год.
5 ⁰⁰ - 6 ⁰⁰	321	11 ⁰⁰ - 12 ⁰⁰	214	17 ⁰⁰ - 18 ⁰⁰	962
6 ⁰⁰ - 7 ⁰⁰	855	12 ⁰⁰ - 13 ⁰⁰	321	18 ⁰⁰ - 19 ⁰⁰	641
7 ⁰⁰ - 8 ⁰⁰	1069	13 ⁰⁰ - 14 ⁰⁰	335	19 ⁰⁰ - 20 ⁰⁰	535
8 ⁰⁰ - 9 ⁰⁰	855	14 ⁰⁰ - 15 ⁰⁰	641	20 ⁰⁰ - 21 ⁰⁰	321
9 ⁰⁰ - 10 ⁰⁰	535	15 ⁰⁰ - 16 ⁰⁰	641	21 ⁰⁰ - 22 ⁰⁰	214
10 ⁰⁰ - 11 ⁰⁰	321	16 ⁰⁰ - 17 ⁰⁰	855	22 ⁰⁰ - 23 ⁰⁰	107

Таблиця 2 – Зміна обсягів перевезень пасажирів у 2023-2025 рр.

Місяць року	Обсяги перевезень пасажирів за три роки, тис. пас.		
	2023	2024	2025
Січень	130,0	136,6	138,5
Лютий	138,3	136,4	151,6
Березень	146,2	151,5	154,9
Квітень	141,1	135,0	155,8
Травень	131,9	145,7	149,8
Червень	132,2	151,8	144,7
Липень	137,8	148,1	150,6
Серпень	141,7	131,1	143,0
Вересень	157,0	131,6	155,0
Жовтень	147,3	136,4	155,5
Листопад	140,5	158,6	139,0
Грудень	157,7	134,2	145,8
Всього	1701,7	1696,9	1784,2

Таблиця 3 - Параметри маршруту

Параметр	Значення
Довжина маршруту, км.	0,682; 0,812; 0,781; 0,705; 0,795; 0,786; 0,728; 0,682; 0,815; 0,816; 0,702
Нульовий пробіг, км.	8,5
Кількість зупиночних пунктів, од.	12
Місткість автобусу, q_n	110
Кількість обертів на маршруті, од.	13
Кількість проміжних зупинних пунктів	10
Час простою на проміжних зупиночних пунктах, с. (год.)	27 (0,0075)
Час простою на кінцевому зупиночному пункті, хв. (год.)	5 (0,0833)
Експлуатаційна швидкість на маршруті, км/год.	20
Дефіцит транспортних засобів на маршруті	1,0

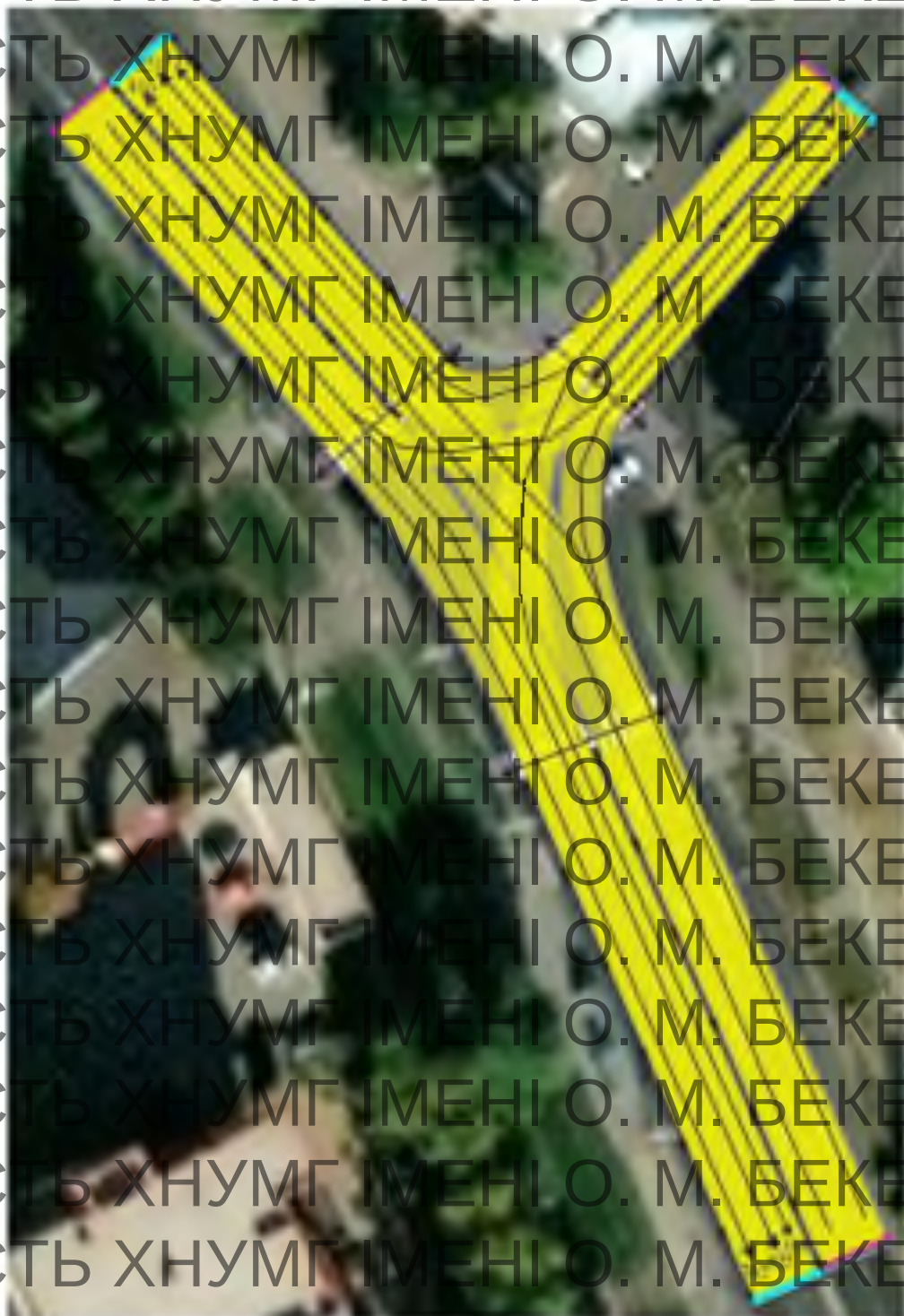


Рисунок 2 – Значення інтенсивності руху на перехресті

Студентка

Калина А. А.

(підпис)

(підпис та підпис)

Керівник роботи

Вакуленко К. С.

(підпис)

(підпис та підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 58 сторінок, 15 рисунків, 6 таблиць, 10 джерел,
2 додатки.

Об'єкт дослідження: перевезення пасажирів на маршруті.

Мета роботи: проектування організації перевезень на міському автобусному маршруті з добовим обсягом перевезень 6144 пасажирів.

Методи дослідження: аналітичні методи проблеми вибору місткості автобусу, прогнозування обсягів перевезень, розрахункові методи визначення технологічних показників, графічні методи формування графіку роботи водіїв та стрічкового графіку, імітаційне моделювання руху на перехресті.

Отримані результати: розглянута проблема вибору місткості пасажирських транспортних засобів; визначені технологічні показники перевезень, визначені продуктивність та собівартість перевезень пасажирів на маршруті, складено графік роботи водіїв на маршруті для 9 автобусів; ефективність побудови графіку є задовільною та складає 0,937; представлено розклад руху в табличній формі; розрахована тривалість циклу світлофорного регулювання тривалістю 59 с.; побудована циклограма роботи світлофорних об'єктів на перехресті, сформована імітаційна модель перехрестя, яка працює в двофазному режимі тривалістю 29 с. та 22 с. відповідно; в кожній з фаз організовано рух пішоходів через перехрестя; результати імітації руху транспортних та пішохідних потоків через перехрестя наступні: середньозважена затримка 17,53 с./авт., рівень обслуговування середній В, викиди CO – 270,19 гр., викиди NO – 52,57 гр., викиди легких органічних сполук – 62,62 гр., витрати палива – 14,63 л.

Рекомендації з впровадження: робота має теоретичну спрямованість, яка не передбачає впровадження.

МІСТКІСТЬ АВТОБУСУ, ПРОГНОЗУВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЯ
ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ, РОЗКЛАД РУХУ, МОДЕЛЮВАННЯ
ПЕРЕХРЕСТЯ

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ПОЛОЖЕНЬ	8
1.1. Проблеми вибору місткості пасажирських транспортних засобів	8
1.2. Висновки по розділу	12
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ НА МАРШРУТІ	13
2.1. Прогнозування обсягів перевезень пасажирів	13
2.2. Визначення показників перевезень пасажирів	14
2.3. Визначення необхідної кількості транспортних засобів на маршруті	23
2.4. Формування розкладу руху	27
2.5. Висновки по розділу	28
РОЗДІЛ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ЦІЛЕНЕСИ МАРШРУТУ	32
3.1. Розрахунок складових циклу світлофорного регулювання	32
3.2. Висновки до розділу	41
ВИСНОВКИ	42
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	43
ДОДАТОК А	44
ДОДАТОК Б	46

ПІШЕЛІ ТЕСИ ТТ 2022-1 ТТ ХХХ. Х ПЗ

Зав.	Тит.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Калити А. А.			
Перевір.	Викученко К. С.			
Н. Боніф.	Боніф. І. І.			
Підпис.	Калити А. А.			

Проприетарна
Застиска

Тит.	Тит.	Архивне
к	р	а

ХНУМГ

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку міських транспортних систем одним із ключових завдань організації пасажирських перевезень є забезпечення ефективного використання транспортних засобів. Вибір місткості автобуса є складною багатокритеріальною задачею, що потребує врахування технічних, економічних, експлуатаційних та соціальних факторів. З одного боку, використання автобусів недостатньої місткості призводить до переповнення салону, зниження комфорту поїздки, збільшення часу посадки та висадки пасажирів, а також погіршення загального рівня транспортного обслуговування. З іншого боку, застосування автобусів надмірної місткості за умов низького пасажиропотоку супроводжується зростанням експлуатаційних витрат, нерациональним використанням ресурсів та зниженням економічної ефективності перевезень.

Актуальність проблеми вибору місткості автобусів також обумовлена нерівномірністю пасажиропотоків у просторі та часі. У години пік виникає потреба у забезпеченні високої провізної спроможності маршрутів, тоді як у міжпікові періоди доцільним є використання транспортних засобів меншої місткості. За таких умов особливого значення набуває пошук оптимального співвідношення між провізною спроможністю, рівнем транспортного обслуговування та витратами на експлуатацію рухомого складу.

Таким чином, раціональний вибір місткості автобусів є важливою передумовою підвищення ефективності функціонування системи міських пасажирських перевезень і потребує проведення комплексного аналізу характеристик пасажиропотоків, умов експлуатації маршрутів та показників роботи транспортних підприємств.

РОЗДІЛ 1

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ПОЛОЖЕНЬ

1.1. Проблеми вибору місткості пасажирських транспортних засобів

Різні вимоги учасників транспортного процесу пасажирських перевезень зумовлюють протилежне бачення підходів щодо вибору місткості транспортних засобів. Пасажири прагнуть їздити в транспортних засобах великої місткості, натомість перевізники для мінімізації експлуатаційних витрат прагнуть використання транспортних засобів мінімально можливої місткості.



Рисунок 1.1 – Протилежне бачення підходів щодо вибору місткості транспортних засобів

При цьому чинники, що визначають місткість транспортних засобів зумовнюються величинами пасажиропотоків на маршрутах. Попит на

послуги громадського транспорту характеризується значними часовими коливаннями, що обумовлені режимом трудової діяльності населення, графіками роботи навчальних закладів, підприємств та установ, а також іншими соціально-економічними чинниками (рис. 1.2 та рис. 1.3).



Рисунок 1.2 Чинники, що визначають місткість автобусу

Найбільше навантаження на міський пасажирський транспорт спостерігається у години пік, коли значна кількість пасажирів одночасно здійснює поїздки до місць роботи, навчання або у зворотному напрямку. За таких умов виникає потреба у використанні автобусів великої місткості, здатних забезпечити перевезення значної кількості пасажирів без перевантаження салону та погіршення якості транспортного обслуговування. Недостатня місткість рухомого складу в цей період призводить до переповнення транспортних засобів, збільшення часу посадки та висадки пасажирів, зниження рівня комфорту й безпеки перевезень.

Водночас у міжпікові періоди інтенсивність пасажиропотоків суттєво зменшується, що зумовлює зниження коефіцієнта використання місткості автобусів. У таких умовах експлуатація транспортних засобів великої

місткості може виявитися економічно недоцільною через збільшення витрат на паливо, технічне обслуговування, амортизацію та оплату праці персоналу при відносно невеликій кількості перевезених пасажирів. Тому під час визначення оптимальної місткості автобусів необхідно враховувати добову нерівномірність пасажиропотоків та забезпечувати баланс між якістю транспортного обслуговування населення й економічною ефективністю роботи перевізника [1, 2].

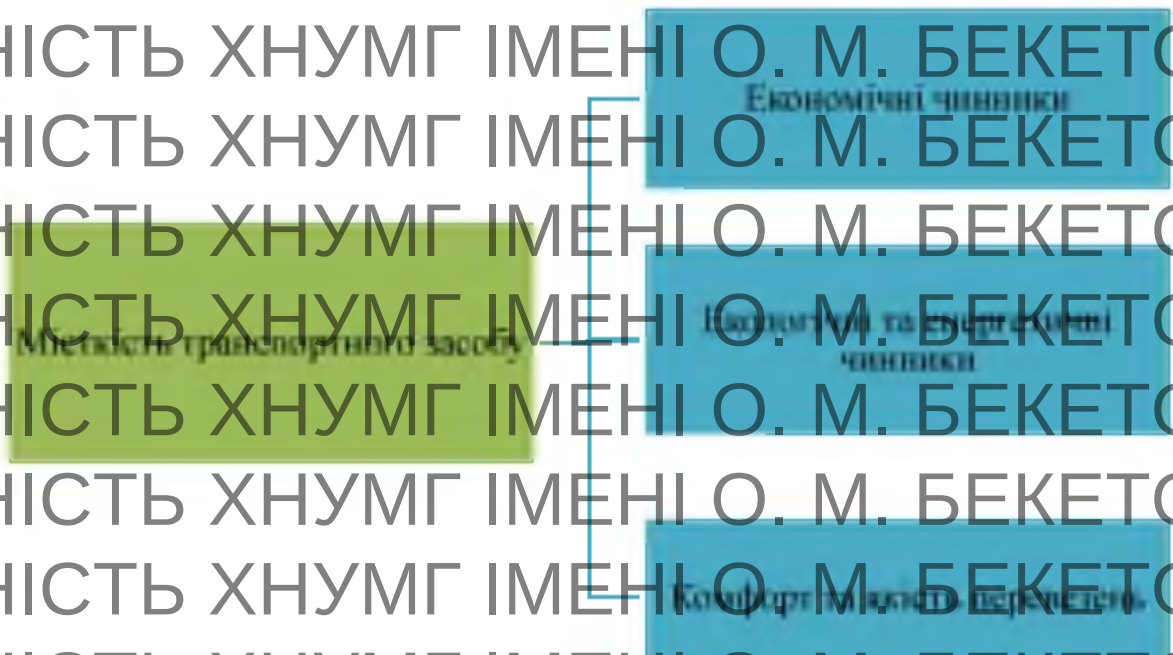


Рисунок 1.3 – Чинники забезпечення сталості перевезень пасажирів з урахуванням місткості автобусів

Одним із важливих чинників, що впливають на вибір місткості автобусів для міських маршрутів, є економічна доцільність їх експлуатації. Автобуси великої місткості характеризуються вищою вартістю придбання порівняно з транспортними засобами малого та середнього класу. Крім того, їх використання супроводжується збільшенням витрат на технічне обслуговування, ремонт, страхування та амортизацію. Значну частку експлуатаційних витрат також становлять витрати на паливо або

електроенергію, які, як правило, є вищими для рухомого складу великої місткості [3, 4].

Економічна ефективність використання автобусів значною мірою залежить від рівня їх завантаження. За умов недостатнього пасажиропотоку використання великих автобусів може призводити до зростання собівартості перевезень, оскільки витрати на виконання рейсу розподіляються між меншою кількістю пасажирів. У результаті збільшуються експлуатаційні витрати в розрахунку на одного перевезеного пасажирів, що негативно впливає на фінансові результати діяльності перевізника. Тому під час вибору місткості рухомого складу необхідно забезпечити баланс між потребою у провізній спроможності маршруту та економічною ефективністю експлуатації транспортних засобів [5, 6].

Місткість автобусів безпосередньо впливає на рівень комфорту пасажирів та якість транспортного обслуговування. Використання транспортних засобів недостатньої місткості на маршрутах із високою інтенсивністю пасажиропотоків призводить до переповнення салону, погіршення умов поїздки та зниження рівня безпеки перевезень. В умовах надмірної заповненості салону зменшується особистий простір пасажирів, ускладнюється доступ до дверей, а також збільшується час посадки та висадки на зупинках.

Разом із тим використання автобусів надмірної місткості також має певні недоліки. За низького рівня завантаження транспортних засобів зростають витрати на їх експлуатацію, що знижує економічну ефективність перевезень. У таких умовах забезпечення високого рівня комфорту досягається за рахунок додаткових витрат, які не завжди можуть бути виправдані фактичним попитом на перевезення. Отже, вибір місткості автобусів повинен забезпечувати компроміс між комфортом пасажирів та економічною доцільністю роботи перевізника [3, 5, 6].

Сучасні підходи до організації міських перевезень передбачають врахування екологічних та енергетичних аспектів експлуатації рухомого складу. Автобуси великої місткості, як правило, мають більшу власну масу та потужніші силові установки, що обумовлює підвищене споживання палива або електроенергії на один транспортний засіб. Це може призводити до збільшення енергетичних витрат та негативного впливу на навколишнє середовище [7, 8].

Водночас використання великих автобусів дозволяє перевозити більшу кількість пасажирів за один рейс, що сприяє скороченню необхідної кількості транспортних засобів на маршруті. За умови високого рівня завантаження один автобус великої місткості може замінити декілька автобусів малого класу, що дає змогу зменшити загальний обсяг транспортної роботи, скоротити викиди шкідливих речовин у розрахунок на одного пасажирів та знизити навантаження на вулично-дорожню мережу міста. Таким чином, екологічна ефективність використання автобусів визначається не лише їх абсолютним енергоспоживанням, а й рівнем заповнення салону та кількістю перевезених пасажирів [7, 8].

1.2. Висновки по розділу

В першому розділі розглянута проблема вибору місткості пасажирських транспортних засобів. Зазначені чинники, що визначають місткість: нерівномірність пасажиропотоків за напрямками, нерівномірність пасажиропотоків за годинами доби, особливості елементів маршрутно-мережі, економічні чинники, екологічні та енергетичні чинники, комфорт та якість перевезень.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ НА МАРШРУТІ

2.1. Прогнозування обсягів перевезень пасажирів

При прогнозуванні обсягів перевезень головною вимогою до цього процесу є забезпечення точності отриманих даних. Від цього залежать стратегічні напрямки управління транспортною діяльністю підприємства. Серед способів прогнозування обираємо прогнозування в MS Excel, в якому визначаємо вірогідний прогноз та діапазони можливого коливання обсягів перевезень пасажирів на маршруті у 2026 році.



Рисунок 2.1 Прогнозування обсягів перевезень пасажирів

2.2. Визначення показників перевезень пасажирів

Значення пасажирообігів зупиночних пунктів на маршруті використовують для розрахунку обсягів перевезень [9]:

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

де $\sum_{i=1}^n Q_{\text{в}}$ - кількість пасажирів, що увійшла до салону транспортного засобу на всіх зупиночних пунктах за добу;

$\sum_{i=1}^n Q_{\text{з}}$ - кількість пасажирів, що вийшла з салону транспортного засобу на всіх зупиночних пунктах за добу;

Визначаємо окремо за напрямками руху на маршруті:

$$Q_{\text{в}} = 383 + 370 + 333 + 343 + 329 + 298 + 266 + 234 + 171 + 132 + 102 + 0 = 0 + 112 + 149 + 194 + 249 + 283 + 276 + 285 + 336 + 341 + 343 + 393 = 2961 \text{ пас.}$$

$$Q_{\text{з}} = 401 + 360 + 344 + 319 + 302 + 287 + 306 + 293 + 261 + 190 + 120 + 0 = 0 + 144 + 169 + 201 + 230 + 262 + 277 + 313 + 339 + 404 + 420 + 424 = 3183 \text{ пас.}$$

Добовий обсяг перевезень визначається як сума вище знайдених обсягів:

$$Q_{\text{доб}} = 2961 + 3183 = 6144 \text{ пас./доб.}$$

Кількість пасажирів в салоні пасажирського транспортного засобу на перегоні маршруту визначається так [13]:

$$q_{\text{сал},i} = q_{\text{сал},i-1} + Q_{\text{в}} - Q_{\text{з}}, \quad (2.2)$$

де $q_{\text{сал},i}$ - кількість пасажирів в салоні ТЗ на i -му перегоні маршруту, пас.;

$q_{\text{сал},i-1}$ - кількість пасажирів в салоні ТЗ на попередньому перегоні, пас.;

$Q_{\text{в}} (Q_{\text{з}})$ - загальна кількість пасажирів, що увійшла або вийшла до (з) салону ТЗ на відповідному зупиночному пункті маршруту, пас..

Визначаємо окремо за напрямками руху на маршруті. Для прямого напрямку:

$$q_{\text{сал}1} = 0 + 383 - 0 = 383 \text{ пас.}; \quad q_{\text{сал}2} = 383 + 370 - 112 = 641 \text{ пас.};$$

$$q_{\text{сал}3} = 641 + 333 - 149 = 825 \text{ пас.}; \quad q_{\text{сал}4} = 825 + 343 - 194 = 974 \text{ пас.};$$

$$q_{\text{сал}5} = 974 + 329 - 249 = 1054 \text{ пас.}; \quad q_{\text{сал}6} = 1054 + 298 - 283 = 1069 \text{ пас.};$$

$$q_{\text{сал}7} = 1069 + 266 - 276 = 1059 \text{ пас.}; \quad q_{\text{сал}8} = 1059 + 234 - 285 = 1008 \text{ пас.};$$

$$q_{\text{сал}9} = 1008 + 171 - 336 = 843 \text{ пас.}; \quad q_{\text{сал}10} = 843 + 132 - 341 = 634 \text{ пас.};$$

$$q_{\text{сал}11} = 634 + 102 - 343 = 393 \text{ пас.}$$

Для зворотного напрямку розрахунки проводяться аналогічно.

Результати представлені в табл. 2.1

Таблиця 2.1 Кількість пасажирів на перегонах маршруту

Прямий напрямок		Зворотний напрямок	
Перегін	Кількість пасажирів, пас.	Перегін	Кількість пасажирів, пас.
1-2	383	1-2	401
2-3	641	2-3	617
3-4	825	3-4	792
4-5	974	4-5	910
5-6	1054	5-6	982
6-7	1069	6-7	1007
7-8	1059	7-8	1036
8-9	1008	8-9	1016
9-10	843	9-10	938
10-11	634	10-11	724
11-12	393	11-12	424

Дані табл. 2.1 використовуються для формування рис. 2.2.

Транспортна робота визначається як функція кількості пасажирів в салоні та довжини перегонів (табл. 2.1, рис. 2.2) за формулою [9]:

$$P = \sum_{i=1}^n q_{\text{пас.}} \cdot l_i \quad (2.3)$$

де l_i – довжина i -ї ділянки маршруту, км (податок завдання).

Транспортна робота для прямого напрямку:

$$P_{\text{пр}} = 6729,54 \text{ пас} \cdot \text{км.}$$

Для зворотного напрямку:

Загальний пасажирооборот за добу добу складе:

$$P_{\text{доб}} = 13436,34 \text{ пас} \cdot \text{км.}$$

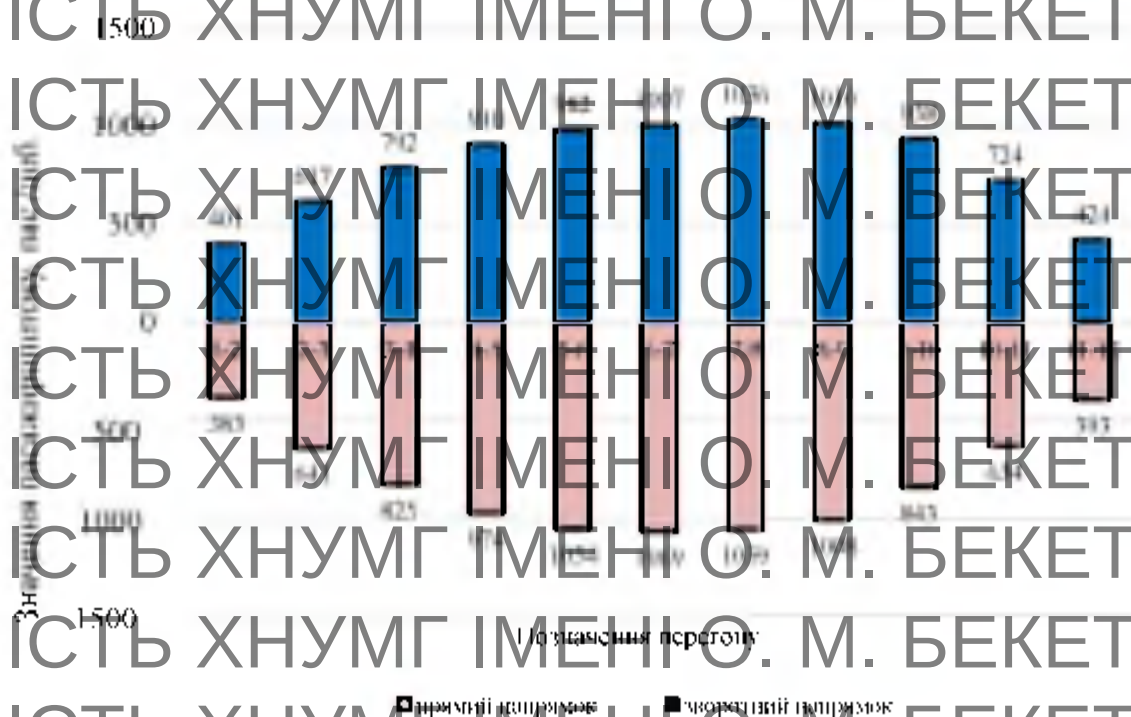


Рисунок 2.2 Добові пасажиропогоди на маршруті перевезень пасажирів за напрямками

Таблиця 2.2 Транспортна робота на перегонах за напрямками

Перегон маршруту	Довжина перегону, км.	Кількість пасажирів в салоні ТЗ, пас.		Транспортна робота, пас км.	
		Прямий напрямок	Зворотний напрямок	Прямий напрямок	Зворотний напрямок
1-2	0,682	383	401	261,20	273,48

Продовження табл. 2.2

1	2	3	4	5	6
2-3	0,812	641	617	520,49	501,00
3-4	0,781	825	792	644,33	618,55
4-5	0,705	974	910	686,67	641,55
5-6	0,795	1054	982	837,93	780,69
6-7	0,786	1069	1007	840,23	791,50
7-8	0,728	1059	1036	770,95	754,21
8-9	0,682	1008	1016	687,46	692,91
9-10	0,815	843	938	687,05	764,47
10-11	0,816	634	724	517,34	590,78
11-12	0,702	393	424	275,89	297,65
Сума	8,304	-	-	6729,54	6706,80

Пасажи́рський транспортний засіб виконує тринадцять обертів на маршруті. Параметри рейсів наведені в додатку Б до роботи. Середня відстань поїздки пасажира за [9]:

$$L_{\text{ср}} = \frac{L}{Q}, \quad (2.4)$$

В прямому напрямку:

$$L_{\text{пр}} = \frac{6729,54}{2961} = 2,27 \text{ км.}$$

Із зворотному:

$$l_{\text{м}} = \frac{6706,80}{3185} = 2,11 \text{ км.}$$

Коефіцієнти використання місткості салону автобусу – статичний (γ_s) та динамічний (γ_d) характеризують заповненість автобусу за напрямками:

$$\gamma_s = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{q_{\text{сн},i}}{q_{\text{н}} \cdot n_{\text{об}}} \quad (2.5)$$

де n – кількість перегонів маршруту, од.

$q_{\text{сн},i}$ – пасажиропотоки на перегонах маршруту за напрямками, пас./добу,

$q_{\text{н}}$ – номінальна місткість автобусу, пас.

$n_{\text{об}}$ – кількість обертів, що автобус виконує на маршруті за, од.

$$\gamma_s^{\text{маршрут}} = \frac{1}{11 \cdot 110 \cdot 13} \cdot (383 + 641 + 825 + 974 + 1054 + 1069 +$$

$$+ 1059 + 1008 + 843 + 634 + 393) = 0,565.$$

$$\gamma_d^{\text{маршрут}} = \frac{1}{11 \cdot 110 \cdot 13} \cdot (401 + 617 + 792 + 910 + 982 + 1007 +$$

$$+ 1036 + 1016 + 938 + 724 + 424) = 0,562.$$

$$\gamma_{\text{д}} = \frac{P}{l_{\text{м}} \cdot q_{\text{н}} \cdot n_{\text{об}}}, \quad (2.6)$$

де $l_{\text{м}}$ – довжина маршруту, км; $l_{\text{м}} = 8,304$ км.

$$\gamma_{\text{пробігу}} = \frac{6729,54}{8,304 \cdot 130 \cdot 13} = 0,567,$$

$$\gamma_{\text{пробігу}} = \frac{6706,80}{8,304 \cdot 130 \cdot 13} = 0,565,$$

Коефіцієнт змішаності визначимо як [9]:

$$\eta = \frac{Q}{p_{\text{пр}} \cdot q_{\text{пр}} \cdot \gamma}, \quad (2.7)$$

$$\eta_{\text{пробігу}} = \frac{2961}{13 \cdot 130 \cdot 0,565} = 3,65,$$

$$\eta_{\text{пробігу}} = \frac{3183}{13 \cdot 130 \cdot 0,562} = 3,94$$

Коефіцієнт використання пробігу на маршруті визначимо як:

$$\beta = \frac{2 \cdot l_{\text{пр}} \cdot n_{\text{пр}}}{2 \cdot l_{\text{пр}} \cdot n_{\text{пр}} + 2 \cdot l_{\text{н}}}, \quad (2.8)$$

де $l_{\text{н}}$ - довжина нульового пробігу, км..

$$\beta = \frac{2 \cdot 8,304 \cdot 13}{2 \cdot 8,304 \cdot 13 + 2 \cdot 8,5} = 0,93$$

Для подальшого виконання роботи розраховуємо значення часу оберт:

$$t_{\text{об}} = \frac{2 \cdot l_{\text{м}}}{V_{\text{е}}}, \quad (2.9)$$

де $l_{\text{м}}$ – довжина маршруту, км.

$V_{\text{е}}$ – експлуатаційна швидкість руху на маршруті, км/год.
($V_{\text{е}} = 20$ км/год.)

$$t_{\text{об}} = \frac{2 \cdot 8,304}{20} = 0,8304 \text{ год.}$$

З урахуванням значення часу оборту та характеристик маршруту визначаємо швидкість технічну та швидкість сполучення:

$$V_{\text{т}} = \frac{t_{\text{тех}}}{t_{\text{тех}} - 2 \cdot n_{\text{ост}} \cdot t_{\text{об}}} = \frac{2 \cdot l_{\text{м}}}{t_{\text{тех}} - 2 \cdot t_{\text{об}}}, \quad (2.10)$$

$$V_{\text{с}} = \frac{l_{\text{м}}}{t_{\text{тех}} - 2 \cdot t_{\text{об}}}, \quad (2.11)$$

$$V_{\text{т}} = \frac{2 \cdot 0,8304}{1,092 - 2 \cdot 10 \cdot 0,0075 - 2 \cdot 0,083333} = 32,33 \text{ км/год.},$$

$$V_{\text{с}} = \frac{2 \cdot 8,304}{0,8304 - 2 \cdot 0,083333} = 25,02 \text{ км/год.}$$

Визначаємо продуктивність транспортних засобів за рейс в пасажирів ($P_{\text{р}}$, пас./год.) та пасажирокілометрах за годину ($P_{\text{п}}$, пас.·км./год.):

$$P_v = \frac{q_v \cdot \gamma_v \cdot \eta \cdot V_v \cdot \beta}{l_v + V_v \cdot \beta \cdot (n_{\text{п.п.}} \cdot t_{\text{п.п.}} + t_{\text{п.п.}})} \quad (2.12)$$

$$P_{\text{в}} = \frac{q_v \cdot \gamma_v \cdot V_v \cdot \beta \cdot l_v}{l_v + V_v \cdot \beta \cdot (n_{\text{п.п.}} \cdot t_{\text{п.п.}} + t_{\text{п.п.}})} \quad (2.13)$$

$$P_v^{\text{перевоз}} = \frac{130 \cdot 0,565 \cdot 3,65 \cdot 32,33 \cdot 0,93}{8,304 - 32,33 \cdot 0,93 \cdot (10 \cdot 0,0075 - 0,0833)} = 522,32 \text{ пас./год.},$$

$$P_{\text{в}}^{\text{перевоз}} = \frac{130 \cdot 0,562 \cdot 3,94 \cdot 32,33 \cdot 0,93}{8,304 + 32,33 \cdot 0,93 \cdot (10 \cdot 0,0075 + 0,0833)} = 561,11 \text{ пас./год.},$$

$$P_{\text{в}}^{\text{перевоз}} = \frac{130 \cdot 0,567 \cdot 32,33 \cdot 0,93 \cdot 8,304}{8,304 + 32,33 \cdot 0,93 \cdot (10 \cdot 0,0075 - 0,0833)} = 1191,29 \text{ пас} \cdot \text{км./год.},$$

$$P_{\text{в}}^{\text{перевоз}} = \frac{130 \cdot 0,565 \cdot 32,33 \cdot 0,93 \cdot 8,304}{8,304 + 32,33 \cdot 0,93 \cdot (10 \cdot 0,0075 + 0,0833)} = 1187,27 \text{ пас} \cdot \text{км./год.}$$

Визначасмо собівартості перевезень пасажирів ($S_{\text{пер.п.}}$ грн./пас.) та ($S_{\text{пер.п.км}}$ грн./пас.·км.)

$$S_{\text{пер.п.}} = \frac{l_{\text{п.п.}}}{q_v \cdot \gamma_v \cdot \beta} \left(C_{\text{зм}} + \frac{C_{\text{ст.}}}{V_v} \right) \quad (2.14)$$

$$S_{\text{пер.п.км}} = \frac{1}{q_v \cdot \gamma_v \cdot \beta} \left(C_{\text{зм}} + \frac{C_{\text{ст.}}}{V_v} \right) \quad (2.15)$$

де $C_{\text{зм}}$ - змінні витрати, грн./км.;

$C_{\text{ст.}}$ - сталі витрати, грн./год.

Місткість автобусу визначає рівень витрат за залежностями (2.16) та (2.17):

$$C_{\text{кр}} = 0,0125 \cdot q_{\text{кр}} \cdot \$, \quad (2.16)$$

$$C_{\text{зм}} = 0,0415 \cdot q_{\text{зм}} \cdot \$, \quad (2.17)$$

де \$ – вартість однієї у.о., грн.

$$C_{\text{кр}} = 0,0125 \cdot 130 \cdot 43 = 59,13 \text{ грн./км.},$$

$$C_{\text{зм}} = 0,0415 \cdot 130 \cdot 43 = 196,30 \text{ грн./гол.},$$

$$S_{\text{кр}}^{\text{маршрут}} = \frac{2,27}{130 \cdot 0,567 \cdot 0,93} \cdot (59,13 + \frac{196,30}{20}) = 2,70 \text{ грн./пас.},$$

$$S_{\text{зм}}^{\text{маршрут}} = \frac{2,11}{130 \cdot 0,565 \cdot 0,93} \cdot (59,13 + \frac{196,30}{20}) = 2,51 \text{ грн./пас.},$$

$$S_{\text{кр}}^{\text{маршрут}} = \frac{1}{130 \cdot 0,567 \cdot 0,93} \cdot (59,13 + \frac{196,30}{20}) = 1,19 \text{ грн./пас.} \cdot \text{км.},$$

$$S_{\text{зм}}^{\text{маршрут}} = \frac{1}{130 \cdot 0,565 \cdot 0,93} \cdot (59,13 + \frac{196,30}{20}) = 1,19 \text{ грн./пас.} \cdot \text{км.}$$

2.3. Визначення необхідної кількості транспортних засобів на маршруті

В роботі задаються пасажиропотоки для визначення кількості транспортних засобів для роботи на маршруті [9].

$$A_{\text{т.с.т.}} = \frac{F_{\text{т.с.т.}} \cdot t_{\text{об}}}{q_{\text{н}} \cdot \gamma_{\text{н}}} \quad (2.18)$$

Для години з сьомої до восьмої години ранку кількість транспортних засобів складе [9]:

$$A_{\text{н}} = \frac{1069 \cdot 0,8304}{130 \cdot 1} = 6,67$$

Кількість транспортних засобів для інших годин доби визначається аналогічно та представлена в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Кількість автобусів на маршруті як функція пасажиропотоку

Година доби	Пасажиропотік, пас/год.	Кількість автобусів, од.
1	2	3
5 ⁰⁰ - 6 ⁰⁰	321	3
6 ⁰⁰ - 7 ⁰⁰	855	7
7 ⁰⁰ - 8 ⁰⁰	1069	9
8 ⁰⁰ - 9 ⁰⁰	855	7
9 ⁰⁰ - 10 ⁰⁰	535	5
10 ⁰⁰ - 11 ⁰⁰	321	3
11 ⁰⁰ - 12 ⁰⁰	214	2
12 ⁰⁰ - 13 ⁰⁰	321	3
13 ⁰⁰ - 14 ⁰⁰	535	5
14 ⁰⁰ - 15 ⁰⁰	641	5
15 ⁰⁰ - 16 ⁰⁰	641	5

Продовження табл. 2.3

1	2	3
16 ⁰⁰ - 17 ⁰⁰	855	7
17 ⁰⁰ - 18 ⁰⁰	962	8
18 ⁰⁰ - 19 ⁰⁰	641	5
19 ⁰⁰ - 20 ⁰⁰	535	5
20 ⁰⁰ - 21 ⁰⁰	321	3
21 ⁰⁰ - 22 ⁰⁰	214	2
22 ⁰⁰ - 23 ⁰⁰	107	1

Наводимо на рис. 2.3 та 2.4 діаграми зміни пасажиропотоків та кількості автобусів.

Максимальна кількість автобусів для роботи на маршруті визначиться наступним чином:

$$A_{\max} = A_{\text{об}} \cdot K_{\text{д}}, \quad (2.19)$$

де $A_{\text{об}}$ - максимально можлива кількість автобусів, од.;

$K_{\text{д}}$ - коефіцієнт дефіциту (1,0).

$$A_{\max} = 9 \cdot 1,0 = 9 \text{ од.}$$

Визначимо мінімальну кількість автобусів, що повинні працювати на маршруті для забезпечення максимального інтервалу руху:

$$A_{\min} = \frac{t_{\text{об}}}{T_{\text{об}}}, \quad (2.20)$$

де $t_{\text{об}}$ - час оборотного рейсу, хв.;

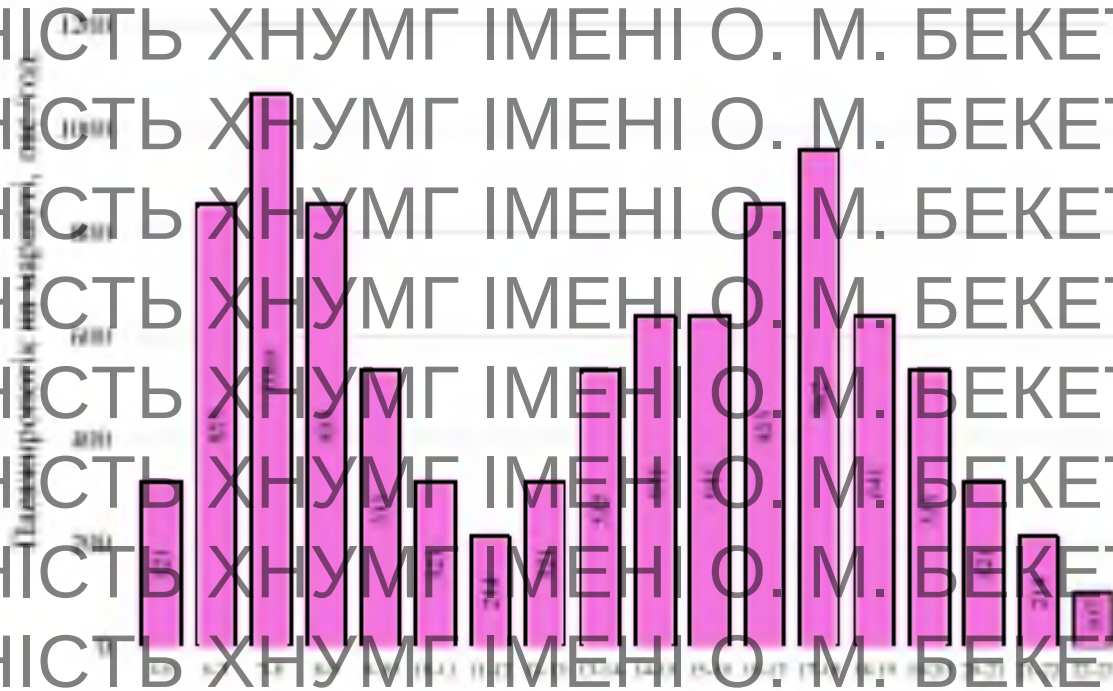


Рисунок 2.3 Пасажиропотоки на маршруті

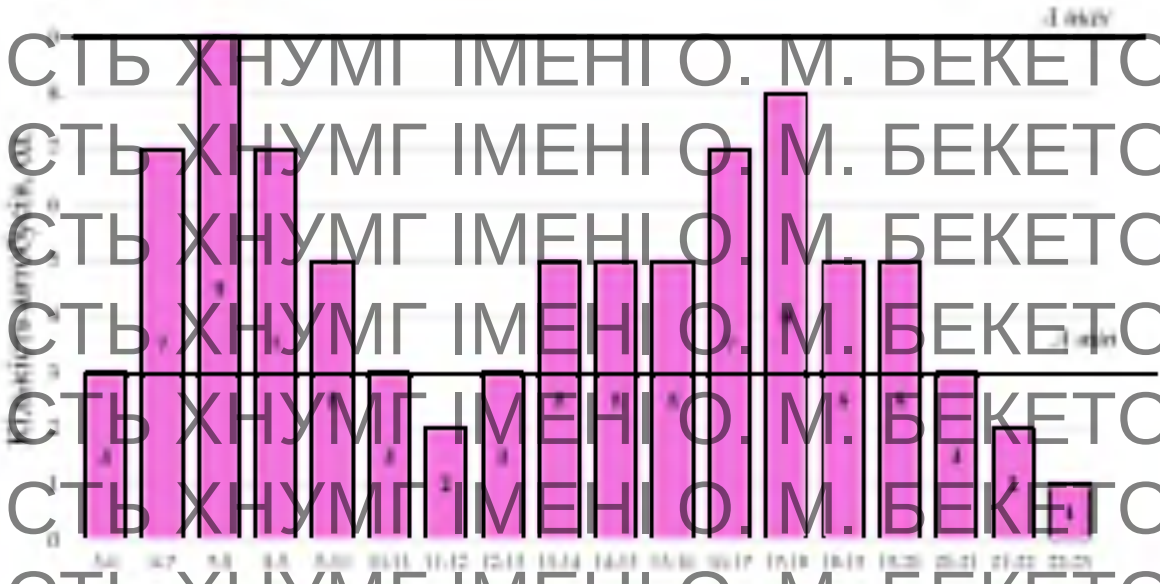


Рисунок 2.4 Кількість автобусів для роботи на маршруті

A_{max} – максимальний інтервал, хв.

$$A_{min} = \frac{49}{15} = 3,26 \approx 3,0 \text{ од.}$$

2.4. Формування розкладу руху

Для складання графіку роботи водіїв враховуємо два режими праці та відпочинку: двозмінний та перерваний. Кожен з режимів має свою тривалість і умови перебування водія на маршруті. Побудований графік наведено на рис. 2.5. На ньому видно, що випуски №1-3 працюють в двозмінному режимі, випуски № 4-9 в перерваному. Перезмінка водіїв для автобуса №1 відбувається близько 15⁰⁰, перезмінка водіїв для автобусів №2-3 – близько 14⁰⁰.

Проводимо оцінку отриманого графіку шляхом визначення коефіцієнта ефективності графоаналітичної побудови:

$$K_{ef} = \frac{AF_{потр}}{AF_{побуд}}, \quad (2.21)$$

де $AF_{потр}$ – кількість автобусо-годин потрібних, од.;

$AF_{побуд}$ – кількість автобусо-години побудованих, од.

Значення $AF_{потр}$ визначаємо з рис. 2.4, воно дорівнює 89 од.

Значення $AF_{побуд}$ визначаємо з рис. 2.5, воно дорівнює 95 од.

$$K_{ef} = \frac{89}{95} = 0,937$$

Припустимим є значення $K_{\text{еф}} \geq 0,91$. В роботі отримано значення коефіцієнту 0,937. Отриманий графік використаємо для побудови стрічкового графіку (рис. 2.6) та таблиці розкладу руху (табл. 2.4).

2.5. Висновки по розділу

Прогнозування обсягів перевезень пасажирів на маршруті дозволяє визначити стратегічні напрямки розвитку підприємства. Визначені технологічні показники перевезень. Визначені продуктивність та собівартість перевезень пасажирів на маршруті. Складено графік роботи водіїв на маршруті для 9 автобусів. Три з них працюють в двозмінному режимі, інші в перерваному. Ефективність побудови графіку є задовільною та складає 0,937. Представлено розклад руху в табличній формі.



Рисунок 2.5 – Графік роботи водіїв і транспортних засобів

Таблиця 2.4 – Розклад руху

Автобус 1	Автобус 2	Автобус 3	Автобус 4	Автобус 5	Автобус 6	Автобус 7	Автобус 8	Автобус 9									
05:00	05:24	05:32	05:57	05:16	05:40	05:56	06:20	05:49	06:13	06:10	06:34	06:03	06:27	06:43	07:07	06:38	07:02
06:17	06:41	06:51	06:58	06:24	06:48	06:54	07:18	06:48	07:13	07:05	07:29	06:59	07:24	07:34	07:58	07:27	07:51
07:10	07:35	07:21	07:46	07:16	07:40	07:48	08:12	07:41	08:05	08:02	08:26	07:55	08:19	08:24	08:48	08:16	08:40
08:09	08:33	08:10	П	08:05	П	08:40	09:05	08:33	08:56	08:56	09:21	08:48	09:13	09:13	09:37	09:05	09:29
08:58	П	10:06	10:30	09:54	10:18	09:29	09:54	09:21	09:45	09:45	10:10	09:37	10:02	10:30	10:55	10:18	10:43
10:43	11:07	11:15	11:40	10:59	11:23	10:18	В	10:10	В	10:34	В	10:26	В	11:19	В	11:07	В
11:32	11:56	12:04	12:29	11:48	12:12	12:30	12:55	12:50	13:14	14:06	14:30	13:59	14:23	15:42	16:06	15:37	16:01
12:21	12:45	13:00	13:24	12:40	13:05	13:19	13:44	13:39	14:03	14:55	15:19	14:48	15:12	16:32	16:56	16:26	16:50
13:10	13:34	13:49	3м	13:29	13:54	14:20	14:44	14:34	14:58	15:53	16:17	15:47	16:12	17:21	17:45	17:15	17:39
14:13	14:37	13:49	14:13	14:18	3м	15:09	15:33	15:23	15:47	16:44	17:08	16:38	17:02	18:33	18:57	18:23	18:48
15:02	3м	14:41	15:05	14:27	14:51	16:04	16:28	16:15	16:39	17:43	17:57	17:27	17:51	19:23	К	19:12	К
15:02	15:26	15:30	15:54	15:16	15:40	16:56	17:21	17:04	К	18:22	К	18:43	19:07				
15:58	16:23	16:20	16:45	16:00	16:34	17:45	К					19:32	К				
16:50	17:15	17:09	17:34	17:02	17:27												
17:39	18:04	17:58	П	17:51	П												
18:28	П	18:13	18:38	18:04	18:28												
19:25	19:50	19:09	19:33	18:53	19:17												
20:14	20:39	19:58	20:22	19:42	20:06												
21:03	21:28	20:47	21:11	20:31	20:55												
21:52	22:17	21:36	22:00	21:20	21:44												
22:41	К	22:25	К	22:09	К												

РОЗДІЛ 3

ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ МАРШРУТУ

3.1. Розрахунок складових циклу світлофорного регулювання

Для розрахунку складових циклу світлофорного регулювання використовуємо інтенсивності руху, представлені в додатку до завдання.

Маємо Т-подібне перехрестя, де по головній дорозі відбуваються основні обсяги руху, по другорядній значно менша інтенсивність. Із наявності також є пішохідні переходи з незначною інтенсивністю руху пішоходів.

На основі інтенсивності та геометричних характеристик перехрестя необхідно визначити фазові коефіцієнти через співвідношення інтенсивності до потоків насичення.

Потоки насичення визначаються з урахуванням право- та лівоповоротних потоків, що знижують базовий потік насичення за рахунок зміни швидкісного режиму проїзду перехрестя. Для закріплення потоків за фазами руху представимо схему цюфазного роз'їзду (рис. 3.1 та 3.2).

Потоки насичення визначимо за формулою:

$$M_{i \rightarrow j} = 525 \cdot B_{i \rightarrow j} \cdot K_{i \rightarrow j} \cdot K_{\alpha} \cdot K_{R}, \quad (3.1)$$

де $M_{i \rightarrow j}$ - потік насичення напрямку руху $i \rightarrow j$, авт/г;

$B_{i \rightarrow j}$ - ширина проїзної частини для напрямку руху $i \rightarrow j$, м;

$K_{i \rightarrow j}$ - коефіцієнт, що враховує вплив подовжнього ухилу дороги на потік насичення;

K_R - коефіцієнт, що враховує вплив радіусу кривизни траєкторії руху поворотних потоків на потік насичення.



Рисунок 3.1 – Дозволені напрямки руху в першій фазі

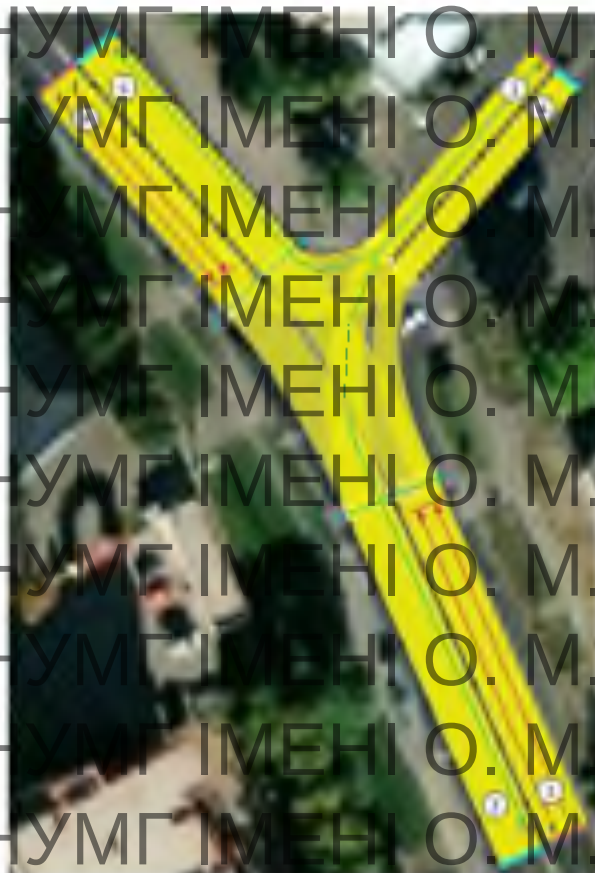


Рисунок 3.2 – Дозволені напрямки руху в першій фазі

K_{Σ} – коефіцієнт, що враховує вплив складу транспортних потоків на потік насичення.

На головній дорозі – перша фаза (потоків 1-4), кожна смуга руху має ширину 3,5 метри, тому перша складова (3.1) $525 \cdot B_{\Sigma}$ буде визначено як:

$$525 \cdot B_{\Sigma} = 1925 \text{ авт/год.}$$

Розрахуємо значення коефіцієнта K_{Σ} (3.1) для потоків, що рухаються з однієї смуги в різних напрямках:

$$K_{\Sigma} = \frac{100}{a + 1,75 \cdot b + 1,25 \cdot c}, \quad (3.2)$$

де a – частка інтенсивності руху транспортних засобів, що рухається прямо, %;

b – частка інтенсивності руху транспортних засобів, що рухається ліворуч, %;

c – частка інтенсивності руху транспортних засобів, що рухається праворуч, %.

$$K_{\Sigma} = \frac{100}{a + 1,75 \cdot b + 1,25 \cdot c}$$

$$M_{\Sigma} = 1925 \cdot \frac{100}{72 + 1,75 \cdot 28} = 1590 \text{ авт/год.}$$

Фазові коефіцієнти розраховуємо за формулою:

$$Y_i = \frac{N_i}{M_{\text{н}}} \quad (3.3)$$

де Y_i – фазовий коефіцієнт для напрямку руху i ;

N_i – інтенсивність руху транспортного потоку i , авт/год.

Фазовий коефіцієнт для потоку № 2 визначимо як:

$$Y_2 = \frac{305 + 119}{1590} = 0,27$$

Аналогічно розраховуємо потоки насичення та фазові коефіцієнти для інших потоків. Результати розрахунків приведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Визначення фазових коефіцієнтів та потоків насичення

Показник	Номер потоку				
	1	2	3	4	5
Фаза	1	2	3	4	5
Ширина проїзної частини, м.	3,5	3,5	3,5	3,5	4,5
Базовий потік насичення, авт/год	1925	1925	1925	1925	2275
Потік насичення з урахуванням поворотних потоків, авт/год	1925	1590	1776	1925	1422
Інтенсивність руху, авт/год	762	424	333	416	437
Фазовий коефіцієнт	0,40	0,27	0,19	0,22	0,31
Розрахунковий фазовий коефіцієнт	0,40				0,31

Розраховуємо тривалості проміжних тактів в структурі циклу світлофорного регулювання [10]:

$$t_{mi} = \frac{V_a}{7,2 \cdot a_m} + \frac{3,6 \cdot (l_i - l_a)}{V_a} \quad (2.3)$$

де t_{mi} - тривалість проміжного такту в i -й фазі регулювання, с;

V_a - середня швидкість руху транспортних засобів у зоні перехрестя, км/год;

a_m - середнє уповільнення транспортних засобів при вмиканні сигналу що забороняє рух, м/с²;

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

l_a - довжина транспортного засобу, що найбільш часто зустрічається у потоці, м.

Середнє уповільнення при вмиканні сигналу, що забороняє рух приймають a_m 3...4, м/с².

Розраховуємо тривалості проміжних тактів у першій та другій фазах [10]:

$$t_{m1} = \frac{55}{7,2 \cdot 3} + \frac{3,6 \cdot (20 + 5)}{55} = 4,2 \text{ с.}$$

$$t_{m2} = \frac{45}{7,2 \cdot 3} + \frac{3,6 \cdot (18 + 5)}{45} = 3,9 \text{ с.}$$

Тривалості проміжних тактів з урахуванням вимог безпеки руху повинні дорівнювати 3-4 с. Тому, приймаємо для першої фази $t_{m1} = 4,0$ с, для другої $t_{m2} = 4,0$ с.

Тривалість світлофорного циклу розраховуємо за формулою Вебстера:

$$T_n = \frac{1,5 \cdot T_n + 5}{(1 + Y)} \quad (3.4)$$

де T_n – сума тривалості проміжних тактів, с;

Y – сума розрахункових фазових коефіцієнтів.

$$T_n = \sum_{i=1}^k t_{ni} \quad (3.5)$$

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

де k – число фаз регулювання.

$$T_n = 4 + 4 = 8 \text{ с.},$$

$$Y = 0,40 + 0,31 = 0,71$$

$$T_n = \frac{1,5 \cdot 8 + 5}{(1 + 0,71)} = 59 \text{ с.}$$

Тривалість основного такту в кожній фазі регулювання визначимо за формулою [10]:

$$t_{oi} = \frac{(T_n - T_n) \cdot Y_i}{Y} \quad (3.7)$$

$$t_{\text{п}} = \frac{(59 - 8) \cdot 0,40}{0,71} = 29 \text{ с.}$$

$$t_{\text{п}} = \frac{(59 - 8) \cdot 0,31}{0,71} = 22 \text{ с.}$$

Час, необхідний для перетину пішоходами проїзної частини, у відповідних фазах:

$$t_{\text{пш}} = 5 + \frac{B_{\text{пш}}}{V_{\text{пш}}} \quad (3.8)$$

де $V_{\text{пш}}$ – швидкість руху пішоходів, м/с.

Для практичних розрахунків можна прийняти $V_{\text{пш}} = 1,3$ м/с.

В першій фазі:

$$t_{\text{пш}} = 5 + \frac{4,5 \cdot 2}{1,3} = 12 \text{ с.}$$

В другій фазі:

$$t_{\text{пш}} = 5 + \frac{3,5 \cdot 4}{1,3} = 16 \text{ с.}$$

Тривалість основних тактів в кожній з фаз є більшою за тривалість часу, необхідного для перетину пішоходами проїзної частини, тому приймаємо дозвільну тривалість часу перетину пішоходами проїзної частини, що дорівнює тривалості основних тактів.

Формуємо циклограму роботи світлофорного об'єкта в PTV Vissim для часу циклу $T_{\text{цикл}} = 29 + 22 \cdot 4 + 4 = 59$ с. (рис. 3.3)



Рисунок 3.3 – Циклограма роботи світлофорів на перехресті

Представимо схему перехрестя з розташованими світлофорними об'єктами та розміткою (рис. 3.4)

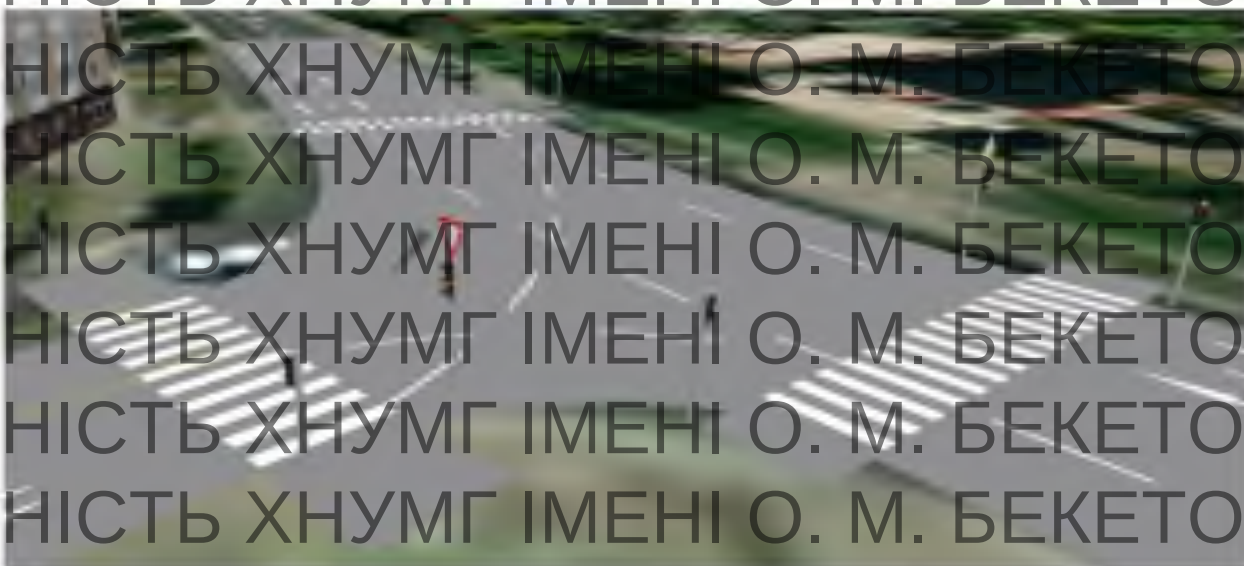


Рисунок 3.4 – Світлофорні об'єкти та розмітка на перехресті

Проводимо моделювання показників руху транспортних потоків на перехресті (рис. 3.5 та рис. 3.6).

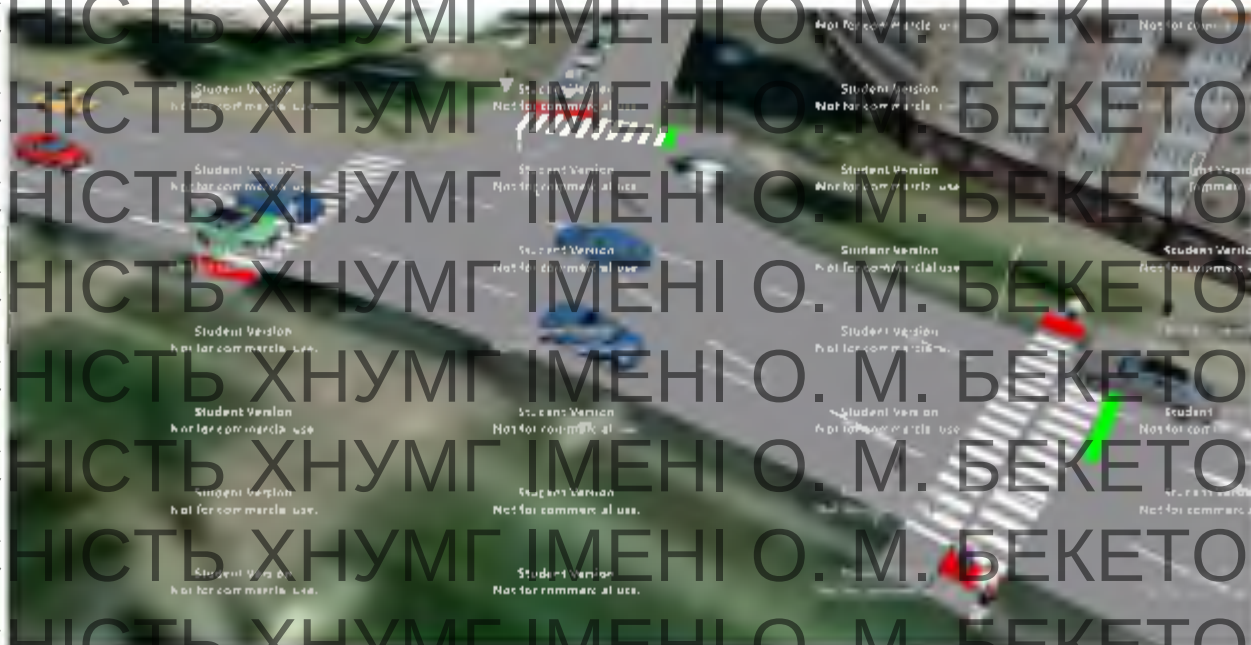


Рисунок 3.5 – Імітаційне моделювання транспортних та пішохідних потоків в першій фазі регулювання



Рисунок 3.6 – Імітаційне моделювання транспортних та пішохідних потоків в другій фазі регулювання

Оцінимо основні показники імітаційної моделі через відстеження параметрів моделювання. Результати представляємо в табл. 3.2

Таблиця 3.2 Результати моделювання

Нап- рямок	Кіль- кість ТЗ, од.	Зат- римка, с.	Рівень обслуго- вування	CO, гр.	NO, гр.	Легкі органічні сполуки, гр.	Витрати палива, л.
1-4	22	14,89	B	15,84	3,08	3,67	0,86
1-6	114	9,89	A	57,51	11,19	13,33	3,11
3-2	47	18,50	B	41,61	8,10	9,64	2,25
3-6	20	20,16	C	14,57	2,83	3,38	0,79
5-2	127	22,84	C	120,26	23,40	27,87	6,51
5-4	15	27,84	C	20,40	3,97	4,73	1,10
Всього/ середнє	345	17,53	B	270,19	52,57	62,62	14,63

З аналізу даних табл. 3.2 маємо значення середньозваженої затримки за час імітації 17,53 с/авт.

3.2. Висновки до розділу

В третьому розділі роботи розрахована тривалість циклу світлофорного регулювання тривалістю 59 с. Результатами також є побудована циклограма роботи світлофорних об'єктів на перехресті, сформована імітаційна модель перехрестя, яка працює в двофазному режимі тривалістю 29 с. та 22 с. відповідно. В кожній з фаз організовано рух пішоходів через перехрестя. Результати імітації руху транспортних та пішохідних потоків через перехрестя наступні: середньозважена затримка – 17,53 с/авт., рівень обслуговування середній – B, викиди CO – 270,19 гр., викиди NO – 52,57 гр., викиди легких органічних сполук – 62,62 гр., витрати палива – 14,63 л.

ВИСНОВКИ

В першому розділі розглянута проблема вибору місткості пасажирських транспортних засобів. Зазначені чинники, що визначають місткість: нерівномірність пасажиропотоків за напрямками, нерівномірність пасажиропотоків за годинами доби, особливості елементів маршрутної мережі, економічні чинники, екологічні та енергетичні чинники, комфорт та якість перевезень.

Пропортування обсягів перевезень пасажирів на маршруті дозволяє визначити стратегічні напрямки розвитку підприємства. Визначені технологічні показники перевезень. Визначені продуктивність та собівартість перевезень пасажирів на маршруті. Складено графік роботи водіїв на маршруті для 9 автобусів. Три з них працюють в двозмінному режимі, інші в перерваному. Ефективність побудови графіку є задовільною та складає 0,937. Представлено розклад руху в табличній формі.

В другому розділі роботи розрахована тривалість циклу світлофорного регулювання тривалістю 59 с. Результатами також є побудована циклограма роботи світлофорних об'єктів на перехресті, сформована імітаційна модель перехрестя, яка працює в двофазному режимі тривалістю 29 с. та 22 с. відповідно. В кожній з фаз організовано рух пішоходів через перехрестя. Результати імітації руху транспортних та пішохідних потоків через перехрестя наступні: середньозважена затримка – 17,53 с./авт., рівень обслуговування середній – 13, викиди CO – 270,19 гр., викиди NO – 52,57 гр., викиди легких органічних сполук – 62,62 гр., витрати палива – 14,63 л.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Kittelson & Associates, Inc., KFH Group, Inc., Parsons Brinckerhoff Quade & Douglas, Inc., & Hunter-Zaworski, K. (2013). *Transit Capacity and Quality of Service Manual* (3rd ed.). Transportation Research Board. Washington, DC: National Academies Press.
2. Preston, J., & James, T. (2004). *The Demand for Public Transport: A Practical Guide*. Crowthorne, UK: Transport Research Laboratory (TRL Report 593).
3. Ceder, A. (2016). *Public Transit Planning and Operation: Modeling, Practice and Behavior* (2nd ed.). CRC Press.
4. Vuchie, V. R. (2005). *Urban Transit: Operations, Planning, and Economics*. John Wiley & Sons.
5. Kittelson & Associates, Inc., KFH Group, Inc., Parsons Brinckerhoff Quade & Douglas, Inc., & Hunter-Zaworski, K. (2013). *Transit Capacity and Quality of Service Manual* (3rd ed.). Transportation Research Board.
6. Tirachini, A., Hensher, D. A., & Rose, J. M. (2013). Crowding in public transport systems: Effects on users, operation and implications for the estimation of demand. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 53, 36–52.
7. European Environment Agency. (2024). *Transport and environment report 2024: Decarbonising road transport in Europe*. Publications Office of the European Union.
8. International Transport Forum. (2021). *Reversing Car Dependency: Managing Urban Transport for Accessibility*. OECD Publishing.
9. Розробка розкладу руху транспортних засобів при організації пасажирських перевезень: навч. посіб. / Ю. О. Давідін, Харк. нац. акад. міськ. госп-ва – Х.: ХНАМГ, 2010. – 345 с.
10. Степанчук, О., Белятинський, А., Лапенко, О. (2013). Особливості вибору ефективних методів організації дорожнього руху на вулично-дорожній мережі. *Проблеми розвитку міського середовища*, (10), 123–127.

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Результати прогнозування обсягів перевезень

Номер місяця	Значення	Передбачення	Нижня довірча границя	Верхня довірча границя
1	130,0			
2	138,3			
3	146,2			
4	141,1			
5	131,9			
6	132,2			
7	137,8			
8	141,7			
9	157,0			
10	147,3			
11	140,5			
12	157,7			
13	136,6			
14	136,4			
15	151,5			
16	135,0			
17	145,7			
18	151,8			
19	148,1			
20	131,1			
21	131,6			
22	136,4			
23	158,6			
24	134,2			
25	138,5			
26	151,6			
27	154,9			
28	155,8			
29	149,8			
30	144,7			
31	150,6			
32	143,0			
33	155,9			
34	155,5			
35	139,0			
36	145,8	145,8	145,8	145,8
37	140,6	122,2	122,2	158,9
38	145,0	126,7	126,7	163,4
39	156,3	138,0	138,0	174,7

Продовження табл. А.1

Номер місяця	Значення	Передбачення	Нижня довірна границя	Верхня довірна границя
40		145,7	127,4	164,1
41		149,6	131,2	167,9
42		149,0	130,7	167,4
43		151,0	132,6	169,3
44		143,6	125,2	161,9
45		152,2	133,8	170,5
46		150,6	132,3	169,0
47		153,0	134,6	171,3
48		156,3	137,9	174,6

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 – Параметри рейсів

Зупинний пункт	$Q_{д1}$, пас	$Q_{д2}$, пас	F_i , пас.	I_i , км.	$W_{д1}$, пас·км.	Зупинний пункт	$Q_{д1}$, пас	$Q_{д2}$, пас	F_i , пас.	I_i , км.	$W_{д2}$, пас·км.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Перший оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	37	0	37	0,682	25,2	1	28	0	0	0	0,0
2	35	5	67	0,812	54,4	2	26	10	28	0,682	19,1
3	22	10	79	0,781	61,7	3	26	11	44	0,812	35,7
4	25	12	92	0,705	64,9	4	25	11	59	0,781	46,1
5	30	23	99	0,795	78,7	5	23	21	71	0,705	51,5
6	19	25	98	0,786	73,1	6	21	27	74	0,795	58,8
7	22	26	89	0,728	64,8	7	20	20	68	0,786	53,4
8	12	21	30	0,682	54,6	8	18	24	68	0,728	49,5
9	12	23	69	0,815	56,2	9	26	25	62	0,682	42,3
10	7	25	51	0,816	41,6	10	18	29	68	0,815	51,3
11	6	25	32	0,702	22,5	11	7	29	52	0,816	42,4
12	0	32	0	0	0,0	12	0	30	30	0,702	21,1
Всього	227	227	-	8,304	597,7	Всього	237	237	-	8,304	471,3
$\bar{I}_i$, $\bar{I}_i \cdot \gamma_i$, γ_i		2,63	3,17	0,651	0,654	$\bar{I}_i$, $\bar{I}_i \cdot \gamma_i$, γ_i		1,99	4,20	0,513	0,516

Продовження табл. Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	27	0	27	0,682	18,4	1	30	0	30	0	0,0
2	24	11	40	0,812	32,5	2	30	12	30	0,682	20,5
3	23	12	51	0,781	39,8	3	28	18	48	0,812	39,0
4	23	14	60	0,705	42,3	4	25	19	58	0,781	45,3
5	20	20	60	0,705	47,7	5	24	19	64	0,705	45,1
6	28	21	67	0,786	52,7	6	27	21	69	0,795	54,9
7	25	21	71	0,728	51,7	7	32	21	71	0,786	55,8
8	24	22	73	0,682	49,8	8	25	22	82	0,728	59,7
9	15	22	66	0,815	53,8	9	22	25	85	0,682	58,0
10	7	25	48	0,815	39,2	10	19	38	82	0,815	66,8
11	6	27	27	0,702	19,0	11	8	39	63	0,816	51,4
12	0	27	0	0	0,0	12	0	32	32	0,702	22,5
Всього	222	222	-	8,304	446,8	Всього	266	266	-	8,304	518,9
$\bar{I}, \eta, \gamma, - \gamma_0$		2,01	4,14	0,488	0,489	$\bar{I}, \eta, \gamma, - \gamma_0$		1,95	4,28	0,565	0,568

Продовження табл. Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	28	0	28	0,682	19,1	1	32	0	32	0	0,0
2	28	9	47	0,812	38,2	2	32	21	32	0,682	21,8
3	28	12	63	0,781	49,2	3	32	21	43	0,812	34,9
4	26	15	74	0,705	52,2	4	32	23	54	0,781	42,2
5	26	16	84	0,795	66,8	5	30	14	63	0,705	44,4
6	23	18	89	0,786	70,0	6	27	15	79	0,795	62,8
7	22	19	92	0,728	67,0	7	20	19	91	0,786	71,5
8	21	24	89	0,682	60,7	8	30	23	92	0,728	67,0
9	21	29	81	0,815	66,0	9	19	24	89	0,682	60,7
10	9	31	59	0,816	48,1	10	15	34	84	0,815	68,5
11	7	31	35	0,702	24,6	11	11	36	65	0,816	53,0
12	0	35	0	0	0,0	12	0	40	40	0,702	28,1
Всього	239	239	-	8,304	561,8	Всього	270	270	-	8,304	554,9
$\bar{I}, \eta, \gamma, - \gamma_0$		2,35	3,55	0,612	0,615	$\bar{I}, \eta, \gamma, - \gamma_0$		2,06	4,04	0,605	0,607

Продовження табл. Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Четвертий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	29	0	29	0,682	19,8	1	38	0	38	0	0,0
2	29	5	53	0,812	43,0	2	35	12	38	0,682	25,9
3	26	10	69	0,781	53,9	3	34	16	61	0,812	49,5
4	29	11	87	0,705	61,3	4	23	19	79	0,781	61,7
5	26	11	102	0,795	81,1	5	22	20	83	0,705	58,5
6	24	17	109	0,786	85,7	6	20	21	85	0,795	67,6
7	16	21	104	0,728	75,7	7	26	24	84	0,786	66,0
8	8	25	87	0,682	59,3	8	38	24	86	0,728	62,6
9	8	25	70	0,815	57,1	9	19	34	90	0,682	61,4
10	5	25	50	0,816	40,8	10	12	35	75	0,815	61,1
11	5	27	28	0,702	19,7	11	7	28	52	0,816	42,4
12	0	28	0	0	0,0	12	0	31	31	0,702	21,8
Всього	205	205	-	8,304	592,4	Всього	264	264	-	8,304	578,6
$\bar{t}, \eta, \gamma, - \gamma_0$		2,91	2,87	0,651	0,654	$\bar{t}, \eta, \gamma, - \gamma_0$		2,19	3,80	0,631	0,633

Продовження табл. Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
П'ятий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	28	0	28	0,682	19,1	1	32	0	32	0	0,0
2	27	6	49	0,812	39,8	2	28	7	32	0,682	21,8
3	26	10	65	0,781	50,8	3	25	9	53	0,812	43,0
4	24	14	75	0,705	52,9	4	25	17	69	0,781	53,9
5	22	17	80	0,705	63,6	5	24	17	77	0,705	54,3
6	20	20	80	0,786	62,9	6	22	18	84	0,795	66,8
7	17	20	77	0,728	56,1	7	29	21	88	0,786	69,2
8	15	22	70	0,682	47,7	8	26	23	96	0,728	69,9
9	14	26	58	0,815	47,3	9	26	34	99	0,682	67,5
10	13	27	44	0,816	35,9	10	13	36	91	0,815	74,2
11	11	27	28	0,702	19,7	11	6	39	68	0,816	55,5
12	0	28	0	0	0,0	12	0	35	35	0,702	24,6
Всього	217	217	-	8,304	493,6	Всього	256	256	-	8,304	600,6
$\bar{I}, \eta, \gamma, - \gamma_0$		2,28	3,66	0,540	0,543	$\bar{I}, \eta, \gamma, - \gamma_0$		2,35	3,55	0,655	0,658

Продовження табл. Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Шостий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	22	0	22	0,682	15,0	1	20	0	20	0	0,0
2	21	6	37	0,812	30,0	2	23	8	29	0,682	19,8
3	25	9	53	0,781	41,4	3	22	8	44	0,812	35,7
4	26	9	70	0,705	49,4	4	21	10	58	0,781	45,3
5	24	22	72	0,795	57,2	5	21	12	69	0,705	48,6
6	23	25	70	0,786	55,0	6	20	16	77	0,795	61,2
7	21	23	68	0,728	49,5	7	28	16	90	0,786	70,7
8	19	17	70	0,682	47,7	8	27	32	102	0,728	74,3
9	6	20	56	0,815	45,6	9	16	34	97	0,682	66,2
10	5	21	40	0,816	32,6	10	15	38	79	0,815	64,4
11	4	21	23	0,702	16,1	11	7	24	56	0,816	45,7
12	0	23	0	0	0,0	12	0	32	42	0,702	22,5
Всього	196	196	-	8,304	439,7	Всього	238	238	-	8,304	554,4
$\bar{t}, \eta, \gamma, - \gamma_0$		2,24	3,71	0,480	0,481	$\bar{t}, \eta, \gamma, - \gamma_0$		2,33	3,57	0,606	0,607

Продовження табл. Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Своєний обері											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	26	0	26	0,682	17,7	1	31	0	31	0	0,0
2	26	9	43	0,812	34,9	2	24	9	31	0,682	21,1
3	23	11	55	0,781	43,0	3	24	11	46	0,812	37,4
4	22	14	63	0,705	44,4	4	24	12	59	0,781	46,1
5	24	17	70	0,795	55,7	5	24	17	71	0,705	50,1
6	23	18	75	0,786	59,0	6	20	18	78	0,795	62,0
7	28	19	84	0,728	61,2	7	29	22	80	0,786	62,9
8	23	22	85	0,682	58,0	8	27	24	87	0,728	63,3
9	12	33	64	0,815	52,2	9	16	25	90	0,682	61,4
10	15	34	45	0,816	36,7	10	14	36	81	0,815	66,0
11	10	26	29	0,702	20,4	11	10	29	59	0,816	48,1
12	0	29	0	0	0,0	12	0	30	40	0,702	21,1
Всього	232	232	-	8,304	483,0	Всього	243	243	-	8,304	539,5
$\bar{I}, \eta, \gamma, - \gamma_0$		2,08	4,0	0,528	0,529	$\bar{I}, \eta, \gamma, - \gamma_0$		2,22	3,76	0,588	0,591

Продовження табл. Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Восьмий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	25	0	25	0,682	17,1	1	20	0	20	0	0,0
2	23	6	42	0,812	34,1	2	28	7	29	0,682	19,8
3	29	8	63	0,781	49,2	3	26	9	50	0,812	40,6
4	29	8	84	0,705	59,2	4	26	15	67	0,781	52,3
5	18	21	81	0,795	64,4	5	23	19	78	0,705	55,0
6	17	13	75	0,786	59,0	6	20	20	82	0,795	65,2
7	16	18	73	0,728	53,1	7	16	21	82	0,786	64,5
8	14	20	67	0,682	45,7	8	24	23	77	0,728	56,1
9	15	20	62	0,815	50,5	9	23	24	78	0,682	53,2
10	12	22	52	0,816	42,4	10	13	25	77	0,815	62,8
11	5	28	29	0,702	20,1	11	9	27	65	0,816	53,0
12	0	29	0	0	0,0	12	0	37	47	0,702	26,0
Всього	203	203	-	8,304	495,1	Всього	237	237	-	8,304	548,4
$\bar{I}, \eta, \gamma, - \gamma_0$		2,44	3,42	0,540	0,542	$\bar{I}, \eta, \gamma, - \gamma_0$		2,31	3,61	0,597	0,600

Продовження табл. Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	29	0	29	0,682	19,8	1	30	0	30	0	0,0
2	28	6	51	0,812	41,4	2	30	22	31	0,682	21,1
3	24	8	67	0,781	52,3	3	27	22	39	0,812	31,7
4	23	20	70	0,705	49,4	4	21	15	44	0,781	34,4
5	22	22	70	0,705	55,7	5	19	16	50	0,705	35,3
6	21	15	76	0,786	59,7	6	19	17	53	0,795	42,1
7	18	17	77	0,728	56,1	7	18	18	55	0,786	43,2
8	23	19	81	0,682	55,2	8	14	19	55	0,728	40,0
9	10	27	64	0,815	52,2	9	16	20	54	0,682	36,8
10	9	27	46	0,816	37,5	10	15	23	50	0,815	40,8
11	5	24	27	0,702	19,0	11	11	24	42	0,816	34,3
12	0	27	0	0	0,0	12	0	29	29	0,702	20,4
Всього	212	212	-	8,304	498,2	Всього	225	225	-	8,304	380,0
$\bar{t}, \eta, \gamma, - \gamma_0$		2,35	3,54	0,544	0,545	$\bar{t}, \eta, \gamma, - \gamma_0$		1,69	4,93	0,415	0,416

Продовження табл. Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	28	0	28	0,682	19,1	1	31	0	31	0	0,0
2	28	9	47	0,812	38,2	2	29	6	31	0,682	21,1
3	25	10	62	0,781	48,4	3	27	8	54	0,812	43,8
4	25	13	74	0,705	52,2	4	25	13	73	0,781	57,0
5	20	14	89	0,705	70,8	5	22	22	85	0,705	59,9
6	18	17	80	0,786	62,0	6	20	24	85	0,795	67,6
7	14	22	72	0,728	52,4	7	20	25	81	0,786	63,7
8	14	22	64	0,682	43,6	8	18	25	76	0,728	55,3
9	13	23	54	0,815	44,0	9	16	22	69	0,682	47,1
10	12	24	42	0,816	34,3	10	14	28	63	0,815	51,3
11	9	25	26	0,702	18,3	11	13	30	49	0,816	40,0
12	0	26	0	0	0,0	12	0	32	32	0,702	22,5
Всього	215	215	-	8,304	484,1	Всього	235	235	-	8,304	529,3
$\bar{I}, \eta, \gamma, - \gamma_0$		2,25	3,71	0,527	0,530	$\bar{I}, \eta, \gamma, - \gamma_0$		2,25	3,70	0,577	0,579

Продовження табл. Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	37	0	37	0,682	25,2	1	20	0	0	0	0,0
2	34	17	54	0,812	43,8	2	26	7	29	0,682	19,8
3	25	18	61	0,781	47,6	3	26	7	48	0,812	39,0
4	26	19	68	0,705	47,9	4	24	14	65	0,781	50,8
5	24	21	71	0,795	56,4	5	23	16	75	0,705	52,9
6	22	21	72	0,786	56,6	6	20	28	82	0,795	65,2
7	22	22	72	0,728	52,4	7	27	29	74	0,786	58,2
8	18	23	67	0,682	45,7	8	24	34	72	0,728	52,4
9	18	27	58	0,815	47,3	9	24	25	65	0,682	44,3
10	17	27	48	0,816	39,2	10	11	28	64	0,815	52,2
11	17	27	38	0,702	26,7	11	10	28	47	0,816	38,4
12	0	38	0	0	0,0	12	0	29	29	0,702	20,4
Всього	260	260	-	8,304	488,9	Всього	244	244	-	8,304	493,4
$\bar{I}, \eta, \gamma, - \gamma_0$		1,88	4,43	0,534	0,535	$\bar{I}, \eta, \gamma, - \gamma_0$		2,02	4,13	0,537	0,540

Продовження табл. Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Дванадцятий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	38	0	38	0,682	25,9	1	29	0	0	0	0,0
2	38	8	68	0,812	55,2	2	21	13	29	0,682	19,8
3	28	13	83	0,781	64,8	3	19	15	37	0,812	30,0
4	27	20	90	0,705	63,5	4	24	17	41	0,781	32,0
5	26	25	91	0,795	72,3	5	26	18	48	0,705	33,8
6	28	24	95	0,786	74,7	6	25	18	56	0,795	44,5
7	24	24	95	0,728	69,2	7	22	19	63	0,786	49,5
8	22	25	92	0,682	62,7	8	21	20	66	0,728	48,0
9	11	37	66	0,845	53,8	9	21	24	67	0,682	45,7
10	11	37	50	0,816	40,8	10	20	30	64	0,815	52,2
11	11	28	33	0,702	23,2	11	9	31	54	0,816	44,1
12	0	33	0	0	0,0	12	0	32	32	0,702	22,5
Всього	264	264	-	8,304	696,1	Всього	237	237	-	8,304	422,2
$\bar{I}, \eta, \gamma, \gamma_{\Sigma}$		2,30	3,62	0,662	0,664	$\bar{I}, \eta, \gamma, \gamma_{\Sigma}$	1,78	4,69		0,460	0,462

Продовження табл. Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Тринадцятий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	29	0	29	0,682	19,8	1	32	0	0	0	0,0
2	20	15	43	0,812	34,9	2	28	10	32	0,682	21,8
3	29	18	54	0,781	42,2	3	28	12	50	0,812	40,6
4	38	25	67	0,705	47,2	4	24	16	66	0,781	51,5
5	38	20	85	0,795	67,6	5	22	18	74	0,705	52,2
6	32	29	88	0,786	69,2	6	21	19	78	0,795	62,0
7	21	24	85	0,728	61,9	7	19	22	80	0,786	62,9
8	21	33	83	0,682	56,6	8	17	23	77	0,728	56,1
9	16	24	75	0,845	61,1	9	17	25	71	0,682	48,4
10	10	16	59	0,816	48,1	10	14	24	65	0,816	53,0
11	6	27	38	0,702	26,7	11	12	29	52	0,816	42,4
12	0	38	0	0	0,0	12	0	35	35	0,702	24,6
Всього	269	269	-	8,304	535,3	Всього	231	231	-	8,304	515,5
$\bar{I}, \eta, \gamma_1, \gamma_2$		1,99	1,19	0,583	0,586	$\bar{I}, \eta, \gamma_1, \gamma_2$		2,23	3,74	0,562	0,564