

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 5027 пасажирів**

Виконав: студент 4 курсу, групи ТТ 2022-2
спеціальності 275 Транспортні
технології (за видами)

Тарасов К. В.

Керівник Понкратов Д. П.

Рецензент Копитков Д. М.

Харків – 2026 року

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

Факультет Навчально-науковий інститут енергетичної, інформаційної та транспортної
інфраструктури

Кафедра Транспортних систем і логістики

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр

Спеціальність 275 Транспортні технології (за видами)
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

к.т.н., проф. Куш Є. І.

“ ” 2026 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Тарасов Кирило Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Проектування організації перевезень на міському
автобусному маршруті з добовим обсягом перевезень 5027 пасажирів

керівник кваліфікаційної роботи Понкратов Денис Павлович, д.т.н., доц.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 22.05.2026 року № 440-03

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 10.06.26

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи у додатку до завдання на кваліфікаційну
роботу

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити) 1. Вибір параметрів організації перевезень 2. Розробка розкладу руху

3. Організація дорожнього руху на перехресті маршруту

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових
креслень) Ешора пасажиропотоку. Діаграма зміни обсягу перевезень. Діаграма зміни
кількості автобусів. Графік руху автобусів. Схема організації дорожнього руху на
перехресті. Схема пофазного роз'їзду

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Перевірка роботи на наявність ознак академічного плагіату	інженер каф. ТСП Толмачов І. О.		

7. Дата видачі завдання 22.05.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1.	Вибір параметрів організації перевезень	22.05.26 – 30.05.26	
2.	Розробка розкладу руху	31.05.26 – 5.06.26	
3.	Організація дорожнього руху на перехресті маршруту	6.06.26 – 10.06.26	

Студент

(підпис)

Тарасов К. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Понкратов Д. П.

(прізвище та ініціали)

Додаток

до завдання на кваліфікаційну роботу

Таблиця 1 – Пасажирообмін зупинних пунктів у годину «пік»

Номер зупинного пункту	Прямий напрямок		Номер зупинного пункту	Зворотний напрямок	
	Кількість пасажирів, що увійшло у транспортний засіб, пас.	Кількість пасажирів, що вийшло з транспортного засобу, пас.		Кількість пасажирів, що увійшло у транспортний засіб, пас.	Кількість пасажирів, що вийшло з транспортного засобу, пас.
1	242	0	10	149	0
2	48	7	9	22	7
3	59	9	8	26	12
4	31	16	7	23	19
5	45	28	6	30	25
6	21	31	5	18	28
7	19	52	4	12	32
8	11	37	3	6	24
9	4	46	2	4	37
10	0	254	1	0	106

Таблиця 2 – Довжина перегонів маршруту

Номер перегону	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10
Довжина перегону, км	0,74	0,82	0,98	0,91	0,71	1,04	1,01	0,82	0,97

Таблиця 3 - Параметри маршруту

Показники	Значення
Експлуатаційна швидкість, км/год	20
Технічна швидкість, км/год	30
Відстань нульового пробігу, км	2,7
Максимально допустимий інтервал руху, хв.	20
Коефіцієнт дефіциту транспортних засобів	1

Таблиця 4 - Зміна обсягу перевезень пасажирів на маршруті

Місяць	Зміна обсягу перевезень пасажирів на маршруті, пас.		
	2023	2024	2025
Січень	157390	176083	201750
Лютий	159528	151645	159635
Березень	149910	168811	185742
Квітень	163649	160178	179586
Травень	166092	172632	172864
Червень	162123	176974	193305
Липень	150826	153929	161381
Серпень	140751	151292	172536
Вересень	163955	187195	186645
Жовтень	163955	156418	129185
Листопад	154337	170249	173938
Грудень	167313	164289	177691

Таблиця 5 - Коефіцієнти добової нерівномірності пасажиропотоку

Години доби	6 ⁰⁰ -7 ⁰⁰	7 ⁰⁰ -8 ⁰⁰	8 ⁰⁰ -9 ⁰⁰	9 ⁰⁰ -10 ⁰⁰	10 ⁰⁰ -11 ⁰⁰	11 ⁰⁰ -12 ⁰⁰	12 ⁰⁰ -13 ⁰⁰	13 ⁰⁰ -14 ⁰⁰	14 ⁰⁰ -15 ⁰⁰	15 ⁰⁰ -16 ⁰⁰	16 ⁰⁰ -17 ⁰⁰	17 ⁰⁰ -18 ⁰⁰	18 ⁰⁰ -19 ⁰⁰	19 ⁰⁰ -20 ⁰⁰	20 ⁰⁰ -21 ⁰⁰	21 ⁰⁰ -22 ⁰⁰	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰	23 ⁰⁰ -00 ⁰⁰
Коефіцієнт нерівномірності	0,42	0,92	1	0,81	0,63	0,43	0,37	0,34	0,48	0,65	0,92	0,83	0,75	0,52	0,39	0,37	0,22	0,14

Таблиця 6 – Характеристики дорожнього руху на перехресті

Номер підходу до перехрестя	1			2		
Кількість смуг руху, од.	2			2		
Ширина першої смуги руху (другої), м	3,3 (3,2)			3,3 (3,2)		
Напрямок руху	1-2	1-3	1-4	2-1	2-4	2-3
Інтенсивність руху, авт./год	452	78	189	516	84	201
Інтенсивність пішохідних потоків, пас./год	172			191		
Номер підходу до перехрестя	3			4		
Кількість смуг руху, од.	2			2		
Ширина першої смуги руху (другої), м	3,3 (3,2)			3,3 (3,2)		
Напрямок руху	3-4	3-2	3-1	4-3	4-1	4-2
Інтенсивність руху, авт./год	1027	107	278	817	95	208
Інтенсивність пішохідних потоків, пас./год	257			282		

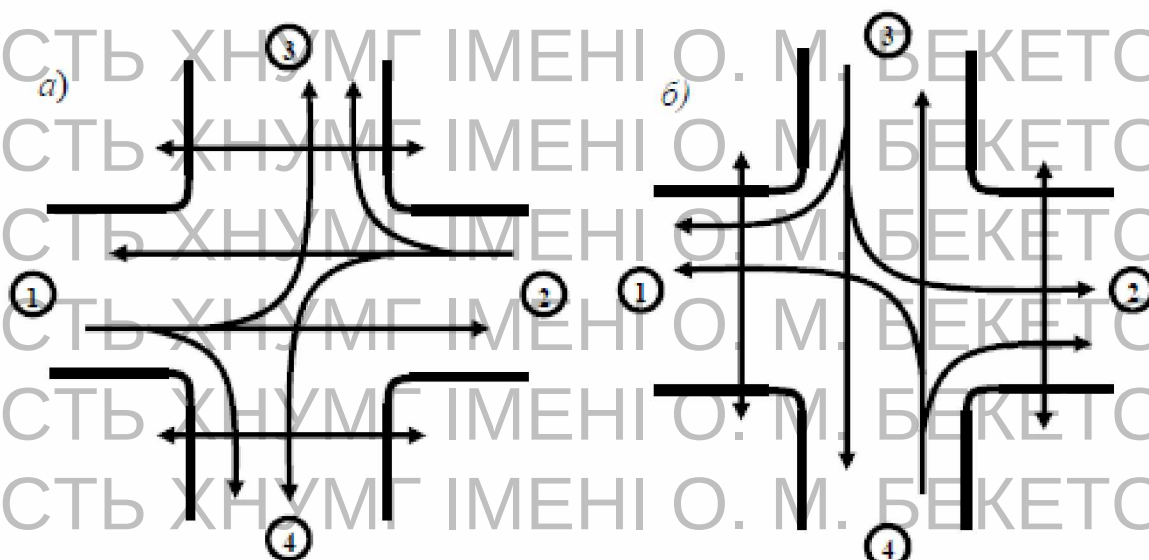


Рисунок 1 – Існуюча схема пофазного розізду:

а) I фаза; б) II фаза.

Таблиця 7 – Характеристики існуючого циклу світлофорного регулювання

Номер фази	1	2
Час основного такту, с	23	37
Час проміжного такту, с	4	4
Час циклу, с	68	

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота налічує 72 сторінки пояснювальної записки, 10 ілюстрацій, 12 таблиць, 10 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: маршрут міського пасажирського транспорту.

Метою роботи є проектування організації перевезень на міському автобусному маршруті з добовим обсягом перевезень 5027 пасажирів.

Метод дослідження: аналітичний.

У роботі обґрунтовано для здійснення перевезень використання автобуса БАЗ-А081.11. Виконано прогнозування обсягів перевезень, за результатами якого встановлено зростання пасажиропотоку у 2026 році на 3,01 %. Визначено потребу в рухомому складі та раціональні інтервали руху: кількість автобусів змінюється від 3 до 7 од., інтервал від 6,9 до 16,0 хв. Розроблено графік роботи водіїв і автобусів, ефективність якого підтверджена коефіцієнтом 0,964. Побудовано стрічковий графік руху автобусів і розроблено маршрутний розклад, що відповідає вимогам щодо організації праці водіїв. Розроблено заходи з удосконалення організації дорожнього руху на перехресті шляхом встановлення технічних засобів організації руху. Обґрунтовано застосування двофазного режиму світлофорного регулювання. Розраховано параметри світлофорного регулювання та визначено оптимальну тривалість циклу 62 с.

Рекомендації щодо впровадження: результати роботи можуть бути застосовані під час організації пасажирських перевезень.

МАРШРУТ, ПАСАЖИРОПОТІК, АВТОБУСНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ,
СТРІЧКОВИЙ ГРАФІК, ОРГАНІЗАЦІЯ РУХУ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
Розділ 1 ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ.....	11
1.1 Аналіз методів та підходів до організації перевезень пасажирів у містах.....	11
1.2 Визначення пасажиропотоків.....	26
1.3 Вибір марки автобусу.....	29
1.4 Розрахунок експлуатаційних показників.....	36
1.5 Прогнозування обсягу перевезень.....	39
1.6 Висновки по розділу.....	42
Розділ 2 РОЗРОБКА РОЗКЛАДУ РУХУ.....	43
2.1 Визначення потреби в автобусах.....	43
2.2 Розробка графіку роботи водіїв і автобусів.....	46
2.3 Розробка розкладу руху автобусів на маршруті.....	47
2.4 Висновки по розділу.....	54
Розділ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ МАРШРУТУ.....	56
3.1 Оснащення перехрестя технічними засобами.....	56
3.2 Організація пофазного роз'їзду.....	57
3.3 Розрахунок параметрів світлофорного регулювання.....	60
3.4 Висновки по розділу.....	67
ВИСНОВКИ.....	69
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	72

ННІЕІТІ ТСЛ ТТ 2022-2 ТТ XXX...Х ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка		
Розроб.		Тарасов К.В.					
Перевір.		Понкратов Д.П.					
Н. контр.		Бурко Д.Л.					
Затв.		Куш Є.І.					
					Літера	Аркуш	Аркушів
					д п у	8	72
					ХНУМГ		

ВСТУП

Міські пасажирські перевезення в Україні відіграють важливу роль у забезпеченні мобільності населення та сталого функціонування міських агломерацій. Проте сучасний стан галузі характеризується низкою системних проблем, які негативно впливають на якість транспортного обслуговування, економічну ефективність роботи перевізників та рівень задоволеності пасажирів. Загострення цих проблем пов'язане зі зростанням рівня автомобілізації, змінами транспортного попиту, недостатнім фінансуванням транспортної інфраструктури та наслідками воєнних дій.

Однією з найбільш актуальних проблем є фізичне та моральне зношення рухомого складу. Значна частина автобусів, тролейбусів і трамваїв експлуатується понад нормативний термін служби, що призводить до збільшення витрат на технічне обслуговування і ремонт, погіршення надійності транспортних засобів та зниження рівня комфорту перевезень. Використання застарілого рухомого складу також негативно впливає на екологічну ситуацію через підвищені викиди шкідливих речовин і збільшене споживання палива.

Суттєвою проблемою є невідповідність параметрів маршрутної мережі сучасним потребам населення. У багатьох містах маршрути сформовані без урахування змін у структурі забудови, розвитку нових житлових районів, розташування місць прикладання праці та зміни напрямків пасажиропотоків. Це призводить до дублювання окремих маршрутів, недостатнього транспортного обслуговування нових районів, збільшення часу поїздок і необхідності виконання додаткових пересадок.

Однією з причин зниження ефективності перевезень є нерівномірність пасажиропотоків протягом доби. У години пік транспортні засоби часто працюють із перевищенням нормативної місткості, тоді як у міжпікові

періоди їх завантаження є недостатнім. Така нерівномірність ускладнює планування роботи маршрутів, вибір оптимальної кількості транспортних засобів та забезпечення економічної ефективності перевезень.

Важливою проблемою залишається недостатній рівень пріоритету громадського транспорту на вулично-дорожній мережі. Значна інтенсивність руху індивідуального транспорту, затори, відсутність або недостатня протяжність виділених смуг для громадського транспорту, недосконала організація дорожнього руху та неефективне світлофорне регулювання призводять до зниження швидкості сполучення, порушення регулярності руху та збільшення часу очікування пасажирів.

Складною залишається проблема фінансування галузі. Висока собівартість перевезень, зростання цін на паливо, запасні частини та енергоносії, необхідність оновлення рухомого складу й транспортної інфраструктури потребують значних інвестицій. При цьому доходи перевізників не завжди покривають експлуатаційні витрати, що ускладнює модернізацію транспортних підприємств та впровадження сучасних технологій.

Особливої актуальності набули проблеми, пов'язані з наслідками воєнних дій в Україні. Руйнування транспортної інфраструктури, пошкодження рухомого складу, зміна транспортного попиту, внутрішнє переміщення населення та необхідність забезпечення роботи транспорту в умовах повітряних тривог значно ускладнили організацію міських пасажирських перевезень. Крім того, транспортні підприємства стикаються з дефіцитом кваліфікованих кадрів, нестачею фінансових ресурсів і необхідністю швидкої адаптації до нових умов експлуатації.

РОЗДІЛ 1

ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

1.1 Аналіз методів та підходів до організації перевезень пасажирів у містах

Міські пасажирські перевезення є невід'ємною складовою транспортної системи сучасного міста та виконують важливу соціальну, економічну й екологічну функції. Вони забезпечують мобільність населення, створюють умови для своєчасного пересування до місць роботи, навчання, медичних установ, адміністративних центрів, об'єктів торгівлі та відпочинку. Ефективне функціонування системи громадського транспорту безпосередньо впливає на рівень життя населення, розвиток економіки міста та його конкурентоспроможність [1-9].

Зі зростанням чисельності населення міст, рівня урбанізації та автомобілізації питання організації міських пасажирських перевезень набувають особливої актуальності. Збільшення транспортного попиту призводить до перевантаження вулично-дорожньої мережі, виникнення заторів, збільшення часу поїздки, підвищення витрат палива та погіршення екологічного стану міського середовища. У цих умовах саме громадський транспорт є найбільш ефективним засобом забезпечення масових перевезень населення, оскільки дозволяє значно скоротити кількість індивідуальних автомобільних поїздки та підвищити ефективність використання дорожньої інфраструктури [2, 5].

Соціальна значущість міських пасажирських перевезень полягає у забезпеченні транспортної доступності для всіх категорій населення, включаючи осіб похилого віку, людей з інвалідністю, студентів, школярів та інших соціальних груп. Доступний, регулярний і безпечний громадський

транспорт сприяє підвищенню рівня соціальної інтеграції населення, забезпечує рівні можливості доступу до праці, освіти, медичних і культурних послуг та покращує загальну якість життя мешканців міста [3, 7].

Економічне значення міських пасажирських перевезень визначається їхнім впливом на продуктивність праці, розвиток підприємств і функціонування міської економіки. Скорочення часу транспортних переміщень населення сприяє підвищенню ефективності використання робочого часу, зменшенню транспортних витрат населення та підприємств, а також покращенню інвестиційної привабливості міста. Крім того, ефективно організовані перевезення забезпечують раціональне використання рухомого складу, зниження експлуатаційних витрат перевізників і підвищення економічної ефективності транспортної системи [2, 5].

Важливим аспектом є екологічне значення громадського транспорту. Використання автобусів, тролейбусів, трамваїв та інших видів масового транспорту дозволяє суттєво зменшити викиди шкідливих речовин, скоротити споживання палива, рівень шумового забруднення та негативний вплив транспорту на навколишнє середовище. Особливої актуальності набуває впровадження сучасних автобусів із низьким рівнем викидів, електробусів та інших екологічно чистих транспортних засобів [1].

Одним із найважливіших показників ефективності міських пасажирських перевезень є якість транспортного обслуговування населення. Вона визначається регулярністю руху, мінімальним часом очікування, швидкістю сполучення, комфортністю поїздки, рівнем безпеки, інформаційною забезпеченістю пасажирів та доступністю транспортних послуг. Високий рівень якості перевезень сприяє збільшенню частки користувачів громадського транспорту та зменшенню використання приватних автомобілів [8].

Забезпечення якісного транспортного обслуговування населення потребує впровадження комплексу дій до яких слід віднести такі [1-9]:

- вивчення попиту на транспортні послуги (обстеження пасажиропотоків);
- оптимізацію маршрутної мережі;
- вибір раціональних транспортних засобів для виконання перевезень;
- розробка ефективних розкладів руху;
- здійснення оперативного управління перевезеннями.

Раціональна організація перевезень пасажирів міським громадським транспортом неможлива без достовірної інформації про обсяги та закономірності формування пасажиропотоків. Саме тому обстеження пасажиропотоків є одним із найважливіших етапів планування та вдосконалення транспортного обслуговування населення. Результати таких обстежень використовуються під час формування маршрутної мережі, вибору типу і кількості рухомого складу, розроблення розкладів руху, визначення необхідної провізної спроможності маршрутів та оцінювання ефективності їх функціонування [3, 4].

Пасажиропотік являє собою кількість пасажирів, які переміщуються певним напрямком або маршрутом за визначений проміжок часу. Його величина залежить від чисельності населення, функціонального призначення районів міста, розташування місць прикладання праці, навчальних закладів, торговельних і культурно-побутових об'єктів, рівня автомобілізації населення, сезонності та інших факторів. Для міських маршрутів характерна нерівномірність пасажиропотоків як у просторі, так і в часі, що необхідно враховувати при організації перевезень [4].

Основною метою обстеження пасажиропотоків є отримання достовірної інформації про кількість пасажирів, які користуються маршрутом, визначення пасажирообміну на зупинках, завантаження окремих



Рисунок 1.1 – Схема діяльності з удосконалення міських пасажирських перевезень

перегонів маршруту, нерівномірності перевезень за годинами доби, напрямками руху та днями тижня. Отримані результати дозволяють оцінити відповідність провізної спроможності маршруту фактичному транспортному попиту та визначити напрями його вдосконалення [3].

На практиці використовують декілька методів обстеження пасажиропотоків. Найбільш поширеним є табличний метод, який передбачає облік кількості пасажирів, що входять і виходять із транспортного засобу на кожній зупинці маршруту. За результатами спостережень визначають пасажирообмін на зупинках, пасажиропотоки на окремих перегонах, максимальне завантаження транспортного засобу та інші показники, необхідні для організації перевезень [4].

Широко застосовується також анкетний метод, який дозволяє отримати інформацію про транспортні потреби населення, мету поїздок, частоту користування громадським транспортом, рівень задоволеності якістю перевезень та побажання пасажирів щодо вдосконалення маршрутної мережі.

Цей метод особливо ефективний під час перспективного планування розвитку транспортної системи міста [4].

Сучасні технології значно розширили можливості дослідження пасажиропотоків. Автоматизовані системи підрахунку пасажирів, GPS-моніторинг транспортних засобів, електронні системи оплати проїзду, відеоспостереження та аналіз даних мобільних операторів дозволяють отримувати інформацію про пасажиропотоки в режимі реального часу.

Використання цифрових технологій забезпечує високу точність вимірювань, скорочує трудомісткість обробки даних та створює умови для оперативного коригування параметрів роботи маршрутів [5].

За результатами обстеження визначають основні характеристики пасажиропотоків, до яких належать максимальний пасажиропотік, обсяг перевезень, пасажирооборот, коефіцієнт нерівномірності перевезень, коефіцієнт змінюваності пасажирів, коефіцієнт використання місткості

транспортного засобу та середня дальність поїздки пасажирів. Ці показники є вихідними даними для визначення необхідної кількості транспортних засобів, інтервалів руху, режимів роботи маршруту та вибору рухомого складу відповідної пасажиромісткості [4].

Особливу увагу під час проведення обстежень приділяють визначенню максимального пасажиропотоку на перегонах маршруту. Саме цей показник є визначальним при розрахунку необхідної провізної спроможності маршруту, виборі місткості автобусів і встановленні оптимальних інтервалів руху. Недостатня провізна спроможність призводить до переповнення транспортних засобів і погіршення якості обслуговування пасажирів, тоді як її надлишок спричиняє неефективне використання рухомого складу та збільшення експлуатаційних витрат перевізника [4].

Отримані результати обстеження пасажиропотоків є основою для прийняття управлінських рішень щодо вдосконалення організації перевезень. На їх основі здійснюють оптимізацію маршрутної мережі, коригування схем руху, вибір типу та кількості транспортних засобів, розроблення розкладів руху, визначення режимів роботи маршрутів у різні періоди доби та оцінювання ефективності запропонованих заходів [4].

Маршрутна мережа є основою функціонування системи міського пасажирського транспорту, оскільки визначає просторову організацію перевезень, доступність транспортних послуг для населення та ефективність використання рухомого складу. Рационально сформована маршрутна мережа забезпечує мінімізацію часу пересування пасажирів, скорочення кількості пересадок, підвищення регулярності руху та оптимальне використання транспортної інфраструктури. У сучасних умовах розвитку міст оптимізація маршрутної мережі є одним із пріоритетних напрямів удосконалення системи громадського транспорту [4, 8].

Основною метою оптимізації маршрутної мережі є приведення параметрів транспортного обслуговування у відповідність до реального

транспортного попиту населення. Це передбачає визначення раціональної конфігурації маршрутів, усунення дублювання маршрутів, забезпечення транспортної доступності житлових районів, місць прикладання праці, навчальних закладів, медичних установ та інших об'єктів масового тяжіння населення. При цьому необхідно досягти балансу між інтересами пасажирів, перевізників і органів місцевого самоврядування [4].

Вихідною інформацією для оптимізації маршрутної мережі є результати обстеження пасажиропотоків, транспортної рухливості населення, матриці кореспонденцій, інтенсивності руху транспортних потоків, характеристик вулично-дорожньої мережі та соціально-економічного розвитку міста. Аналіз зазначених даних дозволяє визначити найбільш завантажені транспортні коридори, ділянки з недостатнім транспортним обслуговуванням, рівень дублювання маршрутів та напрямки перспективного розвитку транспортної системи [4].

Оптимізація маршрутної мережі передбачає вирішення комплексу взаємопов'язаних завдань. До них належать формування нових маршрутів, зміна схем існуючих маршрутів, визначення їх довжини, вибір місць розташування кінцевих і проміжних зупинок, обґрунтування кількості маршрутів на окремих напрямках, а також вибір типу рухомого складу відповідно до величини пасажиропотоків. Одночасно визначаються раціональні інтервали руху, необхідна кількість транспортних засобів та режими роботи маршрутів у різні періоди доби [4].

Під час оптимізації маршрутної мережі використовують різноманітні методи та підходи. До традиційних належать графоаналітичні методи, експертні оцінки, методи транспортного районування та аналізу пасажиропотоків. Більш сучасними є математичні методи оптимізації, що базуються на використанні лінійного та нелінійного програмування, теорії графів, транспортних моделей, генетичних алгоритмів, методів імітаційного моделювання та багатокритеріальної оптимізації. Використання цих методів

дозволяє знаходити оптимальні рішення з урахуванням великої кількості технічних, економічних та соціальних факторів [4, 8].

Одним із найважливіших критеріїв оптимізації є забезпечення мінімальних сукупних витрат транспортної системи. При цьому враховуються не лише експлуатаційні витрати перевізників, а й витрати часу пасажирів на підхід до зупинок, очікування транспортного засобу, поїздки маршрутом та пересадки. Такий комплексний підхід дозволяє забезпечити максимальну ефективність функціонування міського пасажирського транспорту та підвищити якість транспортного обслуговування населення [4].

Ефективність оптимізації маршрутної мережі оцінюється за технічними, економічними та соціальними показниками. До основних критеріїв належать обсяг перевезень, пасажирооборот, регулярність руху, середній час поїздки, кількість пересадок, коефіцієнт використання пасажиромісткості транспортних засобів, експлуатаційні витрати перевізників, рівень транспортної доступності та задоволеність пасажирів якістю перевезень. Комплексне оцінювання цих показників дозволяє визначити ефективність запропонованих заходів та обґрунтувати доцільність їх впровадження [4].

Вибір транспортних засобів є одним із найважливіших етапів організації міських пасажирських перевезень, оскільки від правильності його виконання залежать ефективність функціонування маршруту, якість транспортного обслуговування населення, рівень комфорту пасажирів, економічні показники роботи перевізника та безпека дорожнього руху. Невідповідність характеристик рухомого складу величині пасажиропотоку може призвести до перевантаження транспортних засобів або, навпаки, до їх недостатнього завантаження, що негативно впливає на ефективність перевезень [3, 4, 6].

Основною метою вибору транспортних засобів є забезпечення необхідної провізної спроможності маршруту при мінімальних експлуатаційних витратах і належному рівні якості перевезень. Для цього враховуються результати обстеження пасажиропотоків, максимальне завантаження перегонів маршруту, обсяг перевезень у години пік, інтервали руху, довжина маршруту, дорожні умови, інтенсивність транспортних потоків та особливості міської забудови [3, 4, 6].

Першочерговим критерієм вибору рухомого складу є величина максимального пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту. Саме цей показник визначає необхідну провізну спроможність маршруту та дозволяє встановити раціональну пасажиромісткість транспортних засобів. При цьому повинні забезпечуватися нормативні умови перевезення пасажирів, допустимий коефіцієнт використання місткості та необхідний рівень комфорту під час поїздки [3, 4, 6].

Важливим фактором є вибір класу автобусів залежно від умов експлуатації. Для маршрутів із незначними пасажиропотоками доцільно використовувати автобуси малого класу, які характеризуються нижчими експлуатаційними витратами та достатньою провізною спроможністю. На маршрутах із середньою інтенсивністю перевезень ефективним є використання автобусів середнього класу, тоді як для магістральних маршрутів із великими пасажиропотоками рекомендується застосування автобусів великого або особливо великого класу. Такий підхід забезпечує раціональне використання рухомого складу та мінімізує витрати на виконання перевезень [3, 4, 6].

Під час вибору транспортних засобів враховуються також їх технічні та експлуатаційні характеристики. До основних показників належать пасажиромісткість, кількість місць для сидіння, площа для стоячих пасажирів, габаритні розміри, потужність двигуна, витрата палива або електроенергії, екологічний клас, рівень викидів шкідливих речовин,

конструктивна швидкість, надійність, ремонтпридатність та ресурс основних агрегатів. Комплексне оцінювання цих параметрів дозволяє обрати транспортний засіб, який найбільшою мірою відповідає умовам експлуатації на конкретному маршруті [3, 4, 6].

Особливу увагу приділяють забезпеченню доступності громадського транспорту для маломобільних груп населення. Сучасні автобуси повинні відповідати принципам безбар'єрності та бути обладнані низькою підлогою, відкидними пандусами, спеціально обладнаними місцями для осіб з інвалідністю, пасажирів із дитячими візками та людей похилого віку. Крім того, транспортні засоби мають оснащуватися системами кондиціонування, опалення, інформаційними табло, засобами аудіоінформування, системами відеоспостереження та іншими елементами, що підвищують комфорт і безпеку пасажирів [1, 5].

Не менш важливими є економічні критерії вибору рухомого складу. При оцінюванні різних моделей транспортних засобів враховують вартість придбання, витрати на технічне обслуговування та ремонт, витрати палива або електроенергії, термін служби, амортизаційні відрахування, експлуатаційну продуктивність та собівартість перевезень. Перевага надається транспортним засобам, які забезпечують мінімальні сукупні витрати протягом усього життєвого циклу за умови дотримання нормативних вимог до якості перевезень [3, 4, 6].

У сучасних умовах розвитку міських транспортних систем усе більшого значення набуває використання екологічно чистого рухомого складу. Застосування автобусів, що відповідають сучасним екологічним стандартам, а також електробусів та транспортних засобів на альтернативних видах палива сприяє зниженню викидів забруднюючих речовин, зменшенню рівня шуму та покращенню екологічного стану міського середовища. Це відповідає сучасним концепціям сталого розвитку міського транспорту та підвищує екологічну ефективність транспортної системи [1, 5].

Розклад руху транспортних засобів є одним із найважливіших елементів організації міських пасажирських перевезень, оскільки визначає порядок роботи маршруту, регулярність перевезень, рівень транспортного обслуговування населення та ефективність використання рухомого складу.

Рационально розроблений розклад забезпечує своєчасне перевезення пасажирів, скорочення часу очікування транспортних засобів на зупинках, рівномірний розподіл транспортних засобів на маршруті та підвищення економічної ефективності роботи перевізника [2, 4, 6].

Основною метою розроблення розкладу руху є забезпечення відповідності пропозиції транспортних послуг фактичному транспортному попиту населення. При цьому необхідно враховувати добову та погодинну нерівномірність пасажиропотоків, режим роботи підприємств, навчальних закладів і установ, особливості забудови міста, характеристики маршруту, інтенсивність дорожнього руху та можливі затримки під час експлуатації транспортних засобів [2, 4, 6].

Вихідними даними для складання розкладу руху є результати обстеження пасажиропотоків, довжина маршруту, кількість проміжних зупинок, технічна та експлуатаційна швидкість руху, тривалість рейсу, час відстою транспортних засобів на кінцевих зупинках, необхідна кількість автобусів на маршруті та режим роботи водіїв. На основі цих даних визначають тривалість оборотного рейсу, необхідну кількість транспортних засобів та інтервали їх руху в різні періоди доби [2, 4, 6].

Одним із головних етапів розроблення розкладу є визначення часу оборотного рейсу. До його складу входять тривалість руху транспортного засобу в прямому та зворотному напрямках, а також час технологічного відстою на кінцевих пунктах маршруту. Отримане значення використовується для визначення необхідної кількості транспортних засобів, що одночасно працюють на маршруті, та розрахунку інтервалів руху [2, 4, 6].

Інтервал руху транспортних засобів є одним із найважливіших показників якості транспортного обслуговування. Він визначає середній проміжок часу між послідовними транспортними засобами одного маршруту. Рациональний інтервал повинен забезпечувати мінімальний час очікування пасажирів за умови ефективного використання провізної спроможності транспортних засобів. У години найбільшого пасажиропотоку інтервали руху, як правило, скорочуються, тоді як у міжпикові періоди допускається їх збільшення відповідно до зменшення транспортного попиту [2, 4, 6].

При розробленні розкладу особливу увагу приділяють забезпеченню регулярності руху транспортних засобів. Регулярність характеризує ступінь дотримання запланованого часу відправлення та прибуття автобусів на зупинки маршруту. Порушення регулярності призводить до нерівномірного розподілу транспортних засобів, збільшення часу очікування пасажирів, переповнення окремих автобусів і погіршення якості транспортного обслуговування. Тому під час складання розкладу необхідно передбачати резерв часу для компенсації можливих затримок, пов'язаних із дорожньою ситуацією [2, 4, 6].

Сучасна практика організації перевезень передбачає застосування диференційованих розкладів руху. Для робочих, вихідних та святкових днів, а також для різних періодів доби можуть встановлюватися різні режими роботи маршруту. Такий підхід дозволяє більш точно враховувати зміну транспортного попиту, підвищувати коефіцієнт використання пасажиромісткості транспортних засобів і знижувати експлуатаційні витрати перевізника [2, 4, 6].

Важливим напрямом удосконалення розкладів руху є використання сучасних інформаційних технологій. Автоматизовані системи диспетчерського управління, GPS-моніторинг, системи супутникової навігації та програмні комплекси транспортного моделювання забезпечують можливість оперативного контролю виконання розкладу, аналізу відхилень

від графіка та своєчасного коригування роботи маршруту. Крім того, інформація про фактичний час прибуття транспортних засобів може передаватися пасажиром через електронні інформаційні табло та мобільні застосунки, що підвищує зручність користування громадським транспортом [2, 4, 6].

Ефективність розробленого розкладу руху оцінюється за сукупністю технічних, експлуатаційних, економічних і соціальних показників. До основних критеріїв належать регулярність руху, середній інтервал, час очікування пасажирів, швидкість сполучення, коефіцієнт використання пасажиромісткості транспортних засобів, продуктивність рухомого складу, експлуатаційні витрати та рівень задоволеності пасажирів якістю транспортного обслуговування. Комплексне оцінювання цих показників дозволяє визначити ефективність запропонованого розкладу та обґрунтувати напрями його подальшого вдосконалення [2, 4, 6].

Оперативне управління процесами міських пасажирських перевезень є одним із ключових елементів системи організації роботи громадського транспорту. Його основною метою є забезпечення стабільного функціонування маршрутної мережі, дотримання встановлених розкладів руху, підтримання регулярності перевезень та своєчасне реагування на зміни дорожньо-транспортної ситуації. Ефективне оперативне управління сприяє підвищенню якості транспортного обслуговування населення, зменшенню експлуатаційних витрат перевізників і забезпеченню безпеки дорожнього руху [5, 8].

Основними завданнями оперативного управління є контроль виконання розкладів руху, координація роботи транспортних засобів на маршрутах, регулювання інтервалів руху, своєчасне виявлення відхилень від графіка, організація резервного рухомого складу та прийняття оперативних рішень щодо ліквідації наслідків аварійних ситуацій, заторів, дорожніх робіт або інших факторів, які можуть впливати на роботу маршрутів. Реалізація цих

завдань забезпечує стабільне функціонування системи міських пасажирських перевезень навіть за умов змінної транспортної ситуації [5, 8].

Важливу роль у системі оперативного управління відіграють диспетчерські служби. Вони здійснюють безперервний контроль руху транспортних засобів, аналізують інформацію про їх місцезнаходження, дотримання графіків руху та інтервалів між рейсами, координують роботу водіїв і приймають рішення щодо відновлення нормального режиму роботи маршрутів. У разі виникнення порушень диспетчер може змінювати порядок випуску транспортних засобів, коригувати інтервали руху, організовувати короткі рейси або залучати резервний рухомий склад [5, 8].

Сучасне оперативне управління ґрунтується на використанні автоматизованих систем диспетчерського керування. Такі системи забезпечують безперервний моніторинг роботи транспортних засобів за допомогою технологій супутникової навігації (GPS/GNSS), мобільного зв'язку та геоінформаційних систем (GIS). У режимі реального часу диспетчер отримує інформацію про координати транспортних засобів, швидкість руху, час прибуття на зупинки, тривалість простоїв та відхилення від розкладу. Це дозволяє оперативно оцінювати транспортну ситуацію та приймати обґрунтовані управлінські рішення [5, 8].

Важливим напрямом оперативного управління є забезпечення регулярності руху транспортних засобів. Регулярність характеризує ступінь відповідності фактичного руху транспортних засобів затвердженому розкладу та є одним із головних показників якості транспортного обслуговування. Для її підтримання використовуються методи оперативного регулювання, зокрема зміна часу відправлення транспортних засобів із кінцевих зупинок, коригування тривалості технологічних стоянок, вирівнювання інтервалів руху та перерозподіл рухомого складу між маршрутами [5, 8].

Суттєвого значення набуває інформаційне забезпечення оперативного управління. Автоматизовані системи дозволяють накопичувати та аналізувати великі обсяги інформації про виконання маршрутів, інтенсивність транспортних потоків, пасажиропотоки, затримки, швидкість сполучення та інші експлуатаційні показники. На основі цих даних здійснюється прогнозування транспортної ситуації, оптимізація режимів роботи маршрутів та підготовка рекомендацій щодо вдосконалення організації перевезень [5, 8].

Ефективність оперативного управління значною мірою залежить від рівня інформаційного обслуговування пасажирів. Використання електронних інформаційних табло, мобільних застосунків, вебсервісів та систем прогнозування часу прибуття транспортних засобів дозволяє пасажирам отримувати актуальну інформацію про рух транспорту, планувати свої поїздки та скорочувати час очікування на зупинках. Це підвищує привабливість громадського транспорту та рівень задоволеності користувачів транспортними послугами [5, 8].

Оцінювання ефективності оперативного управління здійснюється за системою експлуатаційних показників, до яких належать регулярність руху, коефіцієнт виконання розкладу, середній інтервал руху, швидкість сполучення, середня затримка транспортних засобів, тривалість ліквідації відхилень від графіка, продуктивність рухомого складу та рівень задоволеності пасажирів. Аналіз цих показників дозволяє оцінити ефективність функціонування системи управління та визначити напрями її вдосконалення [5, 8].

Таким чином, оперативне управління процесами міських пасажирських перевезень є необхідною умовою забезпечення надійного та безперебійного функціонування транспортної системи міста. Використання сучасних інформаційно-диспетчерських технологій, автоматизованих систем моніторингу та методів оперативного регулювання дозволяє підвищити

регулярність руху, скоротити транспортні затримки, ефективніше використовувати рухомий склад, покращити якість транспортного обслуговування населення та забезпечити сталий розвиток міського пасажирського транспорту.

1.2 Визначення пасажиропотоків

На наступному етапі проводимо визначення величини пасажиропотоків, які є основою для подальшого розрахунку параметрів роботи маршруту, вибору типу рухомого складу та визначення необхідної кількості транспортних засобів. Для цього використовуємо таку розрахункову формулу:

$$F_{i-j} = F_{(i-1)-(j-1)} + Q_{ei} - Q_{zi}, \quad (1.1)$$

де $F_{(i-1)-(j-1)}$ - потужність потоку пасажирів на попередньому перегоні маршруту, пас./год;

Q_{ei} , Q_{zi} - кількість пасажирів, що здійснили посадку до транспортного засобу та зійшли з нього на i -ій зупинці, пас./год.

Так, потужність потоку пасажирів на перегоні з номером 1 – 2:

$$F_{1-2} = 242 \text{ пас./год.}$$

Потужність потоку пасажирів на перегоні з номером 2 – 3:

$$F_{2-3} = 242 + 48 - 7 = 283 \text{ пас./год.}$$

Результати розрахунку на інших перегонах зведено до табл. 1.1 та зображено на рис. 1.2.

Таблиця 1.1 – Результати розрахунку пасажиропотоків на перегонах маршруту

Прямий напрямок руху				Зворотний напрямок руху			
Перегін маршруту	Довжина перегону, км	Потужність пасажиропотоку, пас./год	Транспортна робота, пас. км	Перегін маршруту	Довжина перегону, км	Потужність пасажиропотоку, пас./год	Транспортна робота, пас. км
1-2	0,74	242	179,1	10-9	0,97	149	144,5
2-3	0,82	283	232,1	9-8	0,82	164	134,5
3-4	0,98	333	326,3	8-7	1,01	178	179,8
4-5	0,91	348	316,7	7-6	1,04	182	189,3
5-6	0,71	365	259,2	6-5	0,71	187	132,8
6-7	1,04	355	369,2	5-4	0,91	177	161,1
7-8	1,01	322	325,2	4-3	0,98	157	153,9
8-9	0,82	296	242,7	3-2	0,82	139	114,0
9-10	0,97	254	246,4	2-1	0,74	106	78,4
Усього	8,00	2798	2496,8	Усього	8,00	1439	1288,2

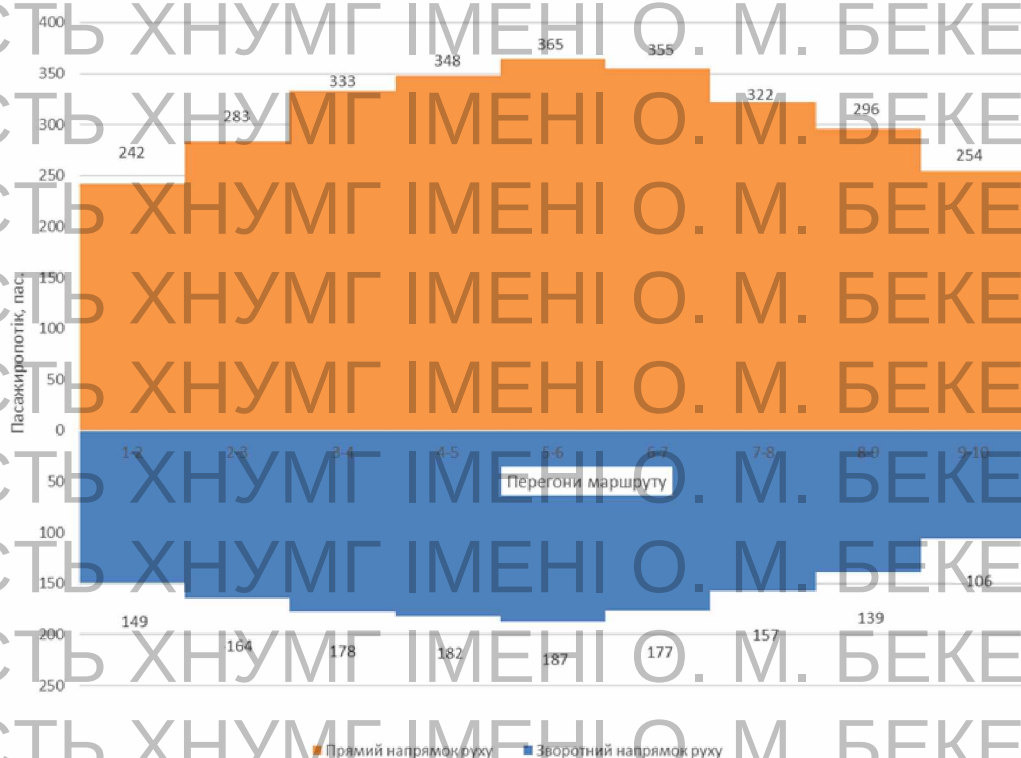


Рисунок 1.2 – Епіюра пасажиропотоків

Визначасмо максимальний пасажиропотік:

$$F_{\max} = \max\{242; 283; 333; 348; 365; 355; 322; 296; 254; \dots 106\} = 365 \text{ пас./год.}$$

Максимальний пасажиропотік наявний на перегоні 5-6.

Визначаємо обсяг перевезень:

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_{6i} = \sum_{i=1}^n Q_{3i}. \quad (1.2)$$

У прямому напрямку:

$$Q = 242 + 48 + 59 + 31 + 45 + 21 + 19 + 11 + 4 = 480 \text{ пас.}$$

У зворотному напрямку:

$$Q = 149 + 22 + 26 + 23 + 30 + 18 + 12 + 6 + 4 = 290 \text{ пас.}$$

Сумарний обсяг перевезень:

$$Q = 480 + 290 = 770 \text{ пас.}$$

Розраховуємо транспортну роботу на перегоні:

$$W_{i-j} = F_{i-j} \cdot l_{i-j}, \quad (1.3)$$

де l_{i-j} - довжина перегону з номером $i-j$, км.

На перегоні 1–2 транспортна робота дорівнює:

$$W_{1-2}=0,74\cdot242=179,1 \text{ пас. км.}$$

Результати розрахунку заносимо до табл. 1.1.

Транспортна робота у прямому напрямку руху:

$$W = 179,1 + 232,1 + 326,3 + 316,7 + 259,2 + 369,2 + 325,2 + 242,7 + \\ + 246,4 = 2496,8 \text{ пас. км.}$$

Транспортна робота у зворотному напрямку руху:

$$W = 144,5 + 134,5 + 179,8 + 189,3 + 132,8 + 161,1 + 153,9 + 114,0 + \\ + 78,4 = 1288,2 \text{ пас. км.}$$

Загальна транспортна робота на маршруті:

$$W = 2496,8 + 1288,2 = 3785,0 \text{ пас. км.}$$

Далі переходимо до вибору марки автобусу.

1.3 Вибір марки автобусу

Відповідно до величини максимального пасажиропотоку, який становить 365 пас./год, для обслуговування маршруту доцільно застосовувати автобуси малого класу пасажиромісткості [8]. Використання транспортних засобів цього класу забезпечує необхідну провізну спроможність маршруту, належний рівень транспортного обслуговування пасажирів та економічно ефективне використання рухомого складу. 3

урахуванням технічних, експлуатаційних та економічних характеристик як альтернативні варіанти для подальшого порівняльного аналізу обрано автобуси БАЗ-А081.11 та ЗАЗ А08А0В. Основні технічні та експлуатаційні характеристики зазначених моделей наведено в табл. 1.2, що дозволяє обґрунтувати вибір найбільш раціонального транспортного засобу для роботи на досліджуваному міському автобусному маршруті.

Таблиця 1.2 – Характеристика автобусів

Показник	БАЗ-А081.11	ЗАЗ А08А0В
Годинна тарифна ставка водія, грн./год	193,54	193,54
Норма відрахувань на соціальне страхування, %	37,5	37,5
Витрата палива, л/100 км	19	21
Експлуатаційна швидкість, км/год	20	20
Вартість одного літра палива, грн./л	82,51	82,51
Норматив відрахувань на мастильні матеріали, %	10,2	10,2
Норма відрахувань на технічне обслуговування і ремонт, грн./1000 км	3910	4260
Кількість коліс автобусу без урахування запасного, од.	6	6
Вартість шини, грн.	4480	4480
Норма відрахувань на реновацію шин, %	3	3
Експлуатаційний пробіг шин, км	70000	70000
Кількість днів роботи маршруту, дн.	365	365
Середній час автобусу у наряді, год	8	8
Норма відрахувань на амортизацію рухомого складу, %	40	40
Вартість автобусу, грн.	2325000	2486000
Годинна тарифна ставка управлінського персоналу, грн/год.	208,7	208,7
Норматив відрахувань на накладні витрати, %	20	20

Для обраних марок автобусів розраховуємо годинні експлуатаційні витрати:

$$З_{год} = 3П_{\epsilon} + B_n + B_m + B_{ТОiP} + B_{ш} + B_a + B_{yn} + B_n, \quad (1.4)$$

де $3П_{\epsilon}$ – витрати на заробітну платню водія, грн./год;

B_n – витрати на паливо, грн./год;

B_m – витрати на мастильні матеріали, грн./год;

$B_{ТОiP}$ – витрати на технічне обслуговування і ремонт автобусу, грн./год;

$B_{ш}$ – витрати на автомобільні шини, грн./год;

B_a – амортизаційні відрахування, грн./год;

B_{yn} – витрати на заробітну платню управлінського персоналу, грн./год;

B_n – накладні витрати, грн./год.

Проводимо розрахунок статей експлуатаційних витрат для автобусу БАЗ-А081.11.

Витрати на заробітну платню водія:

$$3П_{\epsilon} = \Gamma_{mc} \cdot \left(1 + \frac{C_{сп}}{100} \right), \quad (1.5)$$

де Γ_{mc} – годинна тарифна ставка водія, грн./год;

$C_{сп}$ – норма відрахувань на соціальне страхування, %.

$$3П_{\epsilon} = 193,54 \cdot \left(1 + \frac{37,5}{100} \right) = 266,12 \text{ грн.}$$

Витрати на паливо:

$$B_n = \frac{H_{100} \cdot V_e \cdot B_{1л}}{100}, \quad (1.6)$$

де H_{100} – витрата палива на 100 км пробігу автобусу, л/100 км;

V_e – експлуатаційна швидкість, км/год;

$B_{1л}$ – вартість літра палива, грн. /л.

$$B_n = \frac{19 \cdot 20 \cdot 82,51}{100} = 313,54 \text{ грн.}$$

Витрати на мастильні матеріали:

$$B_m = \frac{B_n \cdot C_m}{100}, \quad (1.7)$$

де C_m – норматив відрахувань на мастильні матеріали, %.

$$B_m = \frac{313,54 \cdot 10,2}{100} = 31,98 \text{ грн.}$$

Витрати на технічне обслуговування та ремонт:

$$B_{ТОіР} = \frac{H_{ТОіР} \cdot V_e}{1000}, \quad (1.8)$$

де $H_{ТОіР}$ – норма відрахувань на технічне обслуговування та ремонт автобусу, грн./1000 км.

$$B_{\text{ТОіР}} = \frac{3910 \cdot 20}{1000} = 78,20 \text{ грн.}$$

Витрати на шини:

$$B_{\text{ш}} = \frac{n_{\text{ш}} \cdot B_{\text{ш}} \cdot H_{\text{ш}} \cdot L_e}{100 \cdot 1000 \cdot D_p \cdot T_n}, \quad (1.9)$$

де $n_{\text{ш}}$ – кількість коліс без урахування запасного, од.;

$B_{\text{ш}}$ – вартість однієї шини, грн.;

$H_{\text{ш}}$ – норма відрахувань на шини, %;

L_e – експлуатаційний пробіг шин, км;

D_p – календарні дні роботи на маршруті, дн.;

T_n – середній час перебування автобусу в наряді.

$$B_{\text{ш}} = \frac{6 \cdot 4480 \cdot 3 \cdot 70000}{100 \cdot 1000 \cdot 365 \cdot 8} = 19,33 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію:

$$B_a = \frac{H_a \cdot Ц_б}{100 \cdot D_p \cdot T_n}, \quad (1.10)$$

де H_a – норма відрахувань на амортизацію, %;

$Ц_б$ – балансова вартість автобусу, грн.

$$B_a = \frac{40 \cdot 2325000}{100 \cdot 365 \cdot 8} = 318,49 \text{ грн.}$$

Витрати на заробітну платню управлінського персоналу:

$$B_{yn} = \Gamma_{mc} \cdot \left(1 + \frac{C_{cmp}}{100} \right), \quad (1.11)$$

де Γ_{mc} – годинна тарифна ставка управлінського персоналу, грн./год.

$$B_{yn} = 208,7 \cdot (1 + 37,5/100) = 286,96 \text{ грн.}$$

Накладні витрати розраховуємо за формулою:

$$B_n = \frac{(3П_е + B_n + B_m + B_{TOIP} + B_{ш} + B_a + B_{yn}) \cdot C_n}{100}, \quad (1.12)$$

де C_n – норматив відрахувань на накладні витрати, $C_n = 20 \%$.

$$B_n = \frac{(266,12 + 313,54 + 31,98 + 78,20 + 19,33 + 318,49 + 286,96) \cdot 20}{100} = 262,92 \text{ грн.}$$

Загальні годинні експлуатаційні витрати для автобусів БА3-А081.11:

$$З_{год} = 266,12 + 313,54 + 31,98 + 78,20 + 19,33 + 318,49 + 286,96 + 262,92 = 1577,55 \text{ грн.}$$

Аналогічно проводимо розрахунки для автобусів марки ЗА3 А08А0В.

Результати наведені у табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Результати розрахунку експлуатаційних витрат

Стаття витрат	Марка автобуса	
	БА3-А081.11	3А3 А08А0В
Витрати на заробітну платню водія, грн./год	266,12	266,12
Витрати на паливо, грн./год	313,54	346,54
Витрати на мастильні матеріали, грн./год	31,98	35,35
Витрати на технічне обслуговування та ремонт автобусу, грн./год	78,20	85,20
Витрати на шини, грн./год	19,33	19,33
Витрати на амортизацію автобусу, грн./год	318,49	340,55
Витрати на заробітну платню управлінського персоналу, грн./год	286,96	286,96
Накладні витрати, грн./год	262,92	276,01
Сумарні експлуатаційні витрати, грн./год	1577,55	1656,06

Аналіз результатів розрахунку експлуатаційних витрат показав, що найбільш економічно доцільним для обслуговування досліджуваного маршруту є використання автобусів БА3-А081.11. Встановлено, що сумарні експлуатаційні витрати при використанні автобусів цієї моделі є меншими порівняно з альтернативним варіантом і становлять 1577,55 грн. Нижчий рівень витрат свідчить про більш ефективне використання рухомого складу та забезпечує зниження собівартості перевезень без погіршення якості транспортного обслуговування пасажирів. Таким чином, з економічної точки зору застосування автобусів БА3-А081.11 є найбільш раціональним рішенням для здійснення перевезень на досліджуваному міському автобусному маршруті.

1.4 Розрахунок експлуатаційних показників

Експлуатаційні показники є основними критеріями оцінювання ефективності організації міських пасажирських перевезень. Вони характеризують якість роботи маршруту, рівень використання рухомого складу, ефективність транспортного обслуговування населення та економічні результати діяльності перевізника. Аналіз експлуатаційних показників дозволяє оцінити відповідність параметрів роботи маршруту величині транспортного попиту, виявити недоліки в організації перевезень та визначити напрями їх удосконалення.

Важливим показником є час оборотного рейсу, який включає час руху транспортного засобу в прямому та зворотному напрямках, а також технологічний відстій на кінцевих зупинках. Саме цей показник є основою для визначення необхідної кількості автобусів, складання розкладу руху та організації роботи водіїв. Він розраховується за формулою:

$$t_{об} = \frac{2 \cdot l_m}{V_e}, \quad (1.13)$$

де l_m - довжина маршруту, км;

V_e - експлуатаційна швидкість, км/год.

$$t_{об} = \frac{2 \cdot 8,0}{20} = 0,80 \text{ год} = 48 \text{ хв.}$$

Розраховуємо потрібну кількість автобусів:

$$A = \frac{F_{\max} \cdot t_{об}}{q_n}, \quad (1.14)$$

де q_n - номінальна місткість автобусу, пас.

$$A = \frac{365 \cdot 0,8}{43} = 7 \text{ од.}$$

Інтервал руху:

$$I_{nl} = \frac{t_{об}}{A}, \quad (1.15)$$

$$I_{nl} = \frac{48}{7} = 6,9 \text{ хв.}$$

Середню відстань поїздки пасажирів:

$$l_{cp} = \frac{W}{Q}. \quad (1.16)$$

У прямому напрямку:

$$l_{cp} = \frac{2496,8}{480} = 5,20 \text{ км.}$$

У зворотному напрямку:

$$l_{cp} = \frac{1288,2}{290} = 4,44 \text{ км.}$$

Проводимо розрахунок динамічного коефіцієнту використання місткості:

$$\gamma_{\partial} = \frac{t_{об} W}{t_m q_n A}. \quad (1.17)$$

У прямому напрямку:

$$\gamma_{\partial} = \frac{0,80 \cdot 2496,8}{8,00 \cdot 43 \cdot 7} = 0,830.$$

У зворотному напрямку:

$$\gamma_{\partial} = \frac{0,80 \cdot 1288,2}{8,00 \cdot 43 \cdot 7} = 0,428.$$

Розраховуємо статичний коефіцієнт використання місткості:

$$\gamma_c = \frac{t_{об} \sum_{i=1}^n F_{ij}}{n A q_n}. \quad (1.18)$$

де n - кількість перегонів на маршруті, од.

Для прямого напрямку:

$$\gamma_c = \frac{0,80 \cdot 2798}{9 \cdot 7 \cdot 43} = 0,826.$$

У зворотному напрямку:

$$\gamma_c = \frac{0,80 \cdot 1439}{9 \cdot 7 \cdot 43} = 0,425.$$

Розраховуємо коефіцієнт змінюваності пасажирів:

$$\eta = \frac{l_m}{l_{cp}} \times \frac{\gamma_d}{\gamma_c}. \quad (1.19)$$

Для прямого напрямку:

$$\eta = \frac{8,0}{5,20} \times \frac{0,830}{0,826} = 1,54.$$

Для зворотного напрямку:

$$\eta = \frac{8,0}{4,44} \times \frac{0,428}{0,425} = 1,81.$$

За результатами розрахунку формуємо табл. 1.4.

Далі переходимо до розробки прогнозу обсягів перевезень.

1.5 Прогнозування обсягу перевезень

Для прогнозування перспективних обсягів пасажирських перевезень використано можливості табличного процесора Microsoft Excel, який дозволяє виконувати побудову ліній тренду, аналіз часових рядів та прогнозування на основі статистичних методів.

Таблиця 1.4 – Характеристики функціонування маршруту

№ п/п	Показники	Напрямок руху	
		прямий	зворотний
1	Обсяг перевезень у годину «пік», пас.	480	770
2	Довжина маршруту, км	8,0	
3	Експлуатаційна швидкість, км/год	20	
4	Час оборту, хв.	48	
5	Пасажиromісткість, пас.	43	
6	Марка транспортного засобу	БАЗ-А081.11	
7	Максимальний пасажиропотік, пас/год	365	
8	Потрібна кількість рухомого складу, од.	7	
9	Інтервал руху, хв.	6,9	
10	Обсяг транспортної роботи, пас. км	2496,8	3785,0
11	Середня відстань поїздки пасажирів, км	5,20	4,44
12	Динамічний коефіцієнт використання пасажиромісткості	0,830	0,428
13	Статичний коефіцієнт використання пасажиромісткості	0,826	0,425
14	Коефіцієнт змінюваності	1,54	1,81

За результатами розрахунків отримано прогнозні значення обсягів перевезень на досліджуваній період. Результати прогнозування наведено в табл. 1.5, а для наочного відображення тенденції зміни пасажиропотоку їх представлено у вигляді графіку (рис. 1.3).

Аналіз результатів прогнозування свідчить про позитивну динаміку зміни обсягів пасажирських перевезень на досліджуваному маршруті. Відповідно до побудованої прогнозної моделі, у 2026 році очікується збільшення річного обсягу перевезень на 63088 пасажирів, що становить 3,01 % порівняно з попереднім періодом. Отримані результати свідчать про тенденцію до зростання транспортного попиту та підтверджують необхідність забезпечення відповідної провізної спроможності маршруту.

Таблиця 1.5 – Прогнозовані обсяги перевезень

Місяці року	Обсяг перевезень пасажирів, пас.			
	2023	2024	2025	2026
Січень	157390	176083	201750	189139
Лютий	159528	151645	159635	164062
Березень	149910	168811	185742	180940
Квітень	163649	160178	179586	174452
Травень	166092	172632	172864	186735
Червень	162123	176974	193305	187966
Липень	150826	153929	161381	170417
Серпень	140751	151292	172536	164084
Вересень	163955	187195	186645	193440
Жовтень	163955	156418	129185	177778
Листопад	154337	170249	173938	180099
Грудень	167313	164289	177691	188237
Σ	1899828	1989695	2094258	2157347

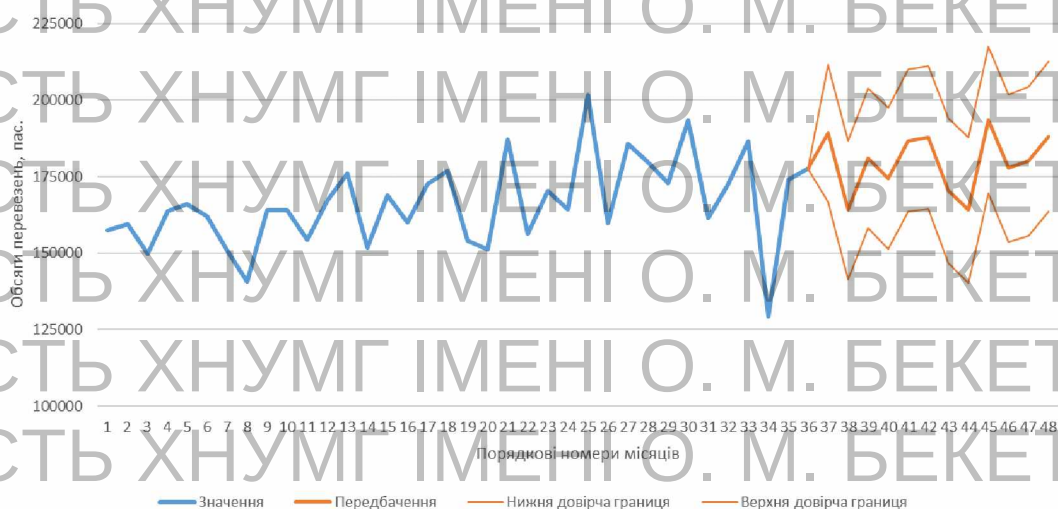


Рисунок 1.3 – Графік зміни обсягів перевезень та прогнозні дані

Прогнозоване збільшення обсягів перевезень доцільно враховувати при виборі типу та кількості транспортних засобів, розробленні розкладу руху й плануванні роботи маршруту з метою підтримання належного рівня якості транспортного обслуговування пасажирів.

1.6 Висновки по розділу

1. Проаналізовано сучасні підходи до організації міських пасажирських перевезень та встановлено, що ефективність функціонування маршрутів значною мірою залежить від комплексного врахування транспортного попиту, оптимізації маршрутної мережі, раціонального вибору рухомого складу, розроблення розкладу руху та застосування сучасних методів оперативного управління перевізним процесом.

2. На підставі величини максимального пасажиропотоку обґрунтовано доцільність використання автобусів малого класу пасажиромісткості. За результатами порівняльної оцінки експлуатаційних витрат встановлено, що найбільш економічно ефективним є застосування автобуса БАЗ-А081.11, для якого сумарні експлуатаційні витрати становлять 1577,55 грн/год. Розраховано основні експлуатаційні показники маршруту, зокрема визначено необхідну кількість рухомого складу (7 автобусів), інтервал руху (6,9 хв), час оборотного рейсу (48 хв), а також коефіцієнти використання пасажиромісткості та змінюваності пасажирів.

3. За допомогою засобів Microsoft Excel виконано прогнозування обсягів перевезень пасажирів. Отримані результати свідчать про позитивну тенденцію розвитку транспортного попиту: прогнозований річний обсяг перевезень у 2026 році становить 2157347 пасажирів, що на 63088 пасажирів (3,01 %) більше порівняно з 2025 роком. Прогнозоване зростання пасажиропотоку підтверджує доцільність подальшого вдосконалення організації перевезень, оптимізації режимів роботи маршруту та забезпечення необхідної провізної спроможності міського пасажирського транспорту.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА РОЗКЛАДУ РУХУ

2.1 Визначення потреби в автобусах

Одним із найважливіших етапів організації перевезень на міському автобусному маршруті є визначення потреби в рухомому складі. Від правильності розрахунку кількості автобусів залежать рівень транспортного обслуговування пасажирів, регулярність руху, величина інтервалів між автобусами, ефективність використання рухомого складу та економічні показники роботи перевізника. Недостатня кількість автобусів призводить до їх переповнення, збільшення часу очікування пасажирів та погіршення якості перевезень, тоді як надлишкова кількість транспортних засобів спричиняє зростання експлуатаційних витрат і зниження ефективності їх використання.

Потребу в автобусах визначають з урахуванням величини пасажиропотоків у різні періоди доби, пасажиромісткості обраного рухомого складу, часу оборотного рейсу та встановлених інтервалів руху. При цьому особливу увагу приділяють годинам найбільшого пасажиропотоку, оскільки саме в цей період повинна забезпечуватися необхідна провізна спроможність маршруту.

На першому етапі проводять визначення величини пасажиропотоків у різні періоди роботи маршруту:

$$F_{i-(i+1)} = F_{\text{тк}} \cdot K_{n(i-(i+1))}, \quad (2.1)$$

де $F_{i-(i+1)}$ - пасажиропотік у певний період часу;

$F_{пк}$ - пасажиропотік у годину «пік»;

$K_{n(i-(i+1))}$ - коефіцієнт годинної нерівномірності пасажиропотоку.

Для періоду з 6:00 по 7:00:

$$F_{6:00-7:00} = 365 \cdot 0,42 = 153 \text{ пас./год.}$$

Для інших періодів часу результати розрахунків зведені до табл. 2.1.

Розраховуємо потрібну кількість автобусів:

$$A_{i-(i+1)} = \frac{F_{i-(i+1)} \cdot t_{об}}{q_n \cdot \gamma} \quad (2.2)$$

Таблиця 2.1 – Потрібна кількість автобусів та інтервали руху

Час роботи	Коефіцієнт нерівномірності	Величина пасажиропотоку, пас./год	Потрібна кількість автобусів, од.	Скорегована кількість автобусів, од.	Інтервал руху, хв.
1	2	3	4	5	6
6:00 - 7:00	0,42	153	3	3	16,0
7:00 - 8:00	0,92	336	7	7	6,9
8:00 - 9:00	1	365	7	7	6,9
9:00 - 10:00	0,81	296	6	6	8,0
10:00 - 11:00	0,63	230	5	5	9,6
11:00 - 12:00	0,43	157	3	3	16,0
12:00 - 13:00	0,37	135	3	3	16,0
13:00 - 14:00	0,34	124	3	3	16,0
14:00 - 15:00	0,48	175	4	4	12,0
15:00 - 16:00	0,65	237	5	5	9,6
16:00 - 17:00	0,92	336	7	7	6,9

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	6
17:00 - 18:00	0,83	303	6	6	8,0
18:00 - 19:00	0,75	274	6	6	8,0
19:00 - 20:00	0,52	190	4	4	12,0
20:00 - 21:00	0,39	142	3	3	16,0
21:00 - 22:00	0,37	135	3	3	16,0
22:00 - 23:00	0,22	80	2	3	16,0
23:00 - 00:00	0,14	51	1	3	16,0

Для періоду з 6:00 по 7:00:

$$A_{6:00-7:00} = \frac{153 \cdot 0,80}{43} = 3 \text{ од.}$$

Для інших періодів результати розрахунків наведені у табл. 2.1.

Визначаємо максимальну кількість автобусів:

$$A_{\max} = A_{\text{тик}} \cdot K_{\partial}, \quad (2.3)$$

де $A_{\text{тик}}$ - максимальна розрахункова кількість автобусів;

K_{∂} - коефіцієнт дефіциту.

$$A_{\max} = 7 \cdot 1 = 7 \text{ од.}$$

Визначаємо мінімальну кількість автобусів:

$$A_{\min} = \frac{t_{\text{об}}}{I_{\max}}, \quad (2.4)$$

де $I_{\max}$ - максимально припустимий інтервал, хв.

$$A_{\min} = \frac{48}{20} = 3 \text{ од.}$$

З урахуванням отриманих значень мінімальної та максимальної кількості автобусів виконуємо корегування їх поточної кількості (табл. 2.1).

За результатами розрахунку будуюмо діаграми зміни пасажиропотоку (рис. 2.1) та потрібної кількості автобусів (рис. 2.2).

На підставі отриманих розрахункових значень мінімальної та максимальної потреби в рухомому складі виконуємо коригування поточної кількості автобусів, що працюють на маршруті. Результати коригування кількості автобусів для кожного періоду роботи маршруту наведено в табл. 2.1.

Для наочного аналізу зміни пасажиропотоків та потрібної кількості автобусів побудовано діаграми (рис. 2.1, 2.2).

2.2 Розробка графіку роботи водіїв і автобусів

Розроблення графіка роботи водіїв і автобусів здійснюється відповідно до чинних нормативних вимог щодо організації праці водіїв та експлуатації рухомого складу, а також з урахуванням рекомендацій, наведених у роботах [2, 6]. Під час складання графіка враховуються режим роботи маршруту, розрахована кількість автобусів у різні періоди доби, тривалість оборотного рейсу, встановлені інтервали руху, час відпочинку водіїв і вимоги щодо безпеки перевезень.

Побудований графік роботи водіїв і автобусів наведено на рис. 2.3.

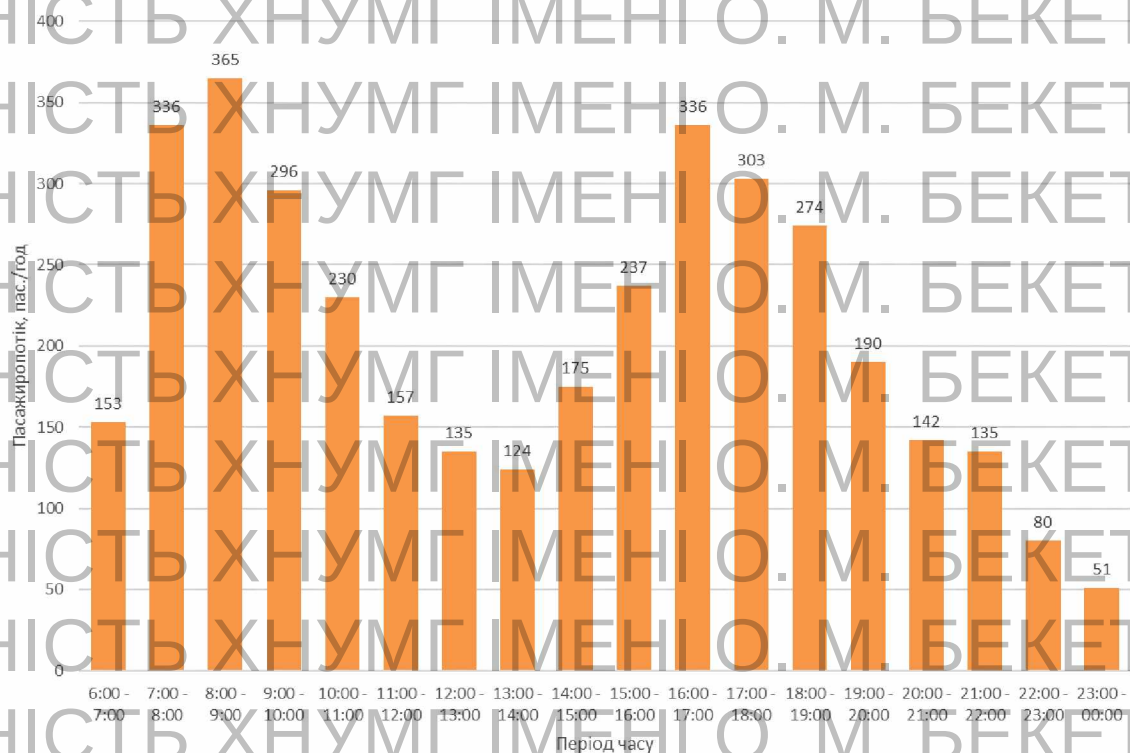


Рисунок 2.1 - Діаграма зміни пасажиропотоку

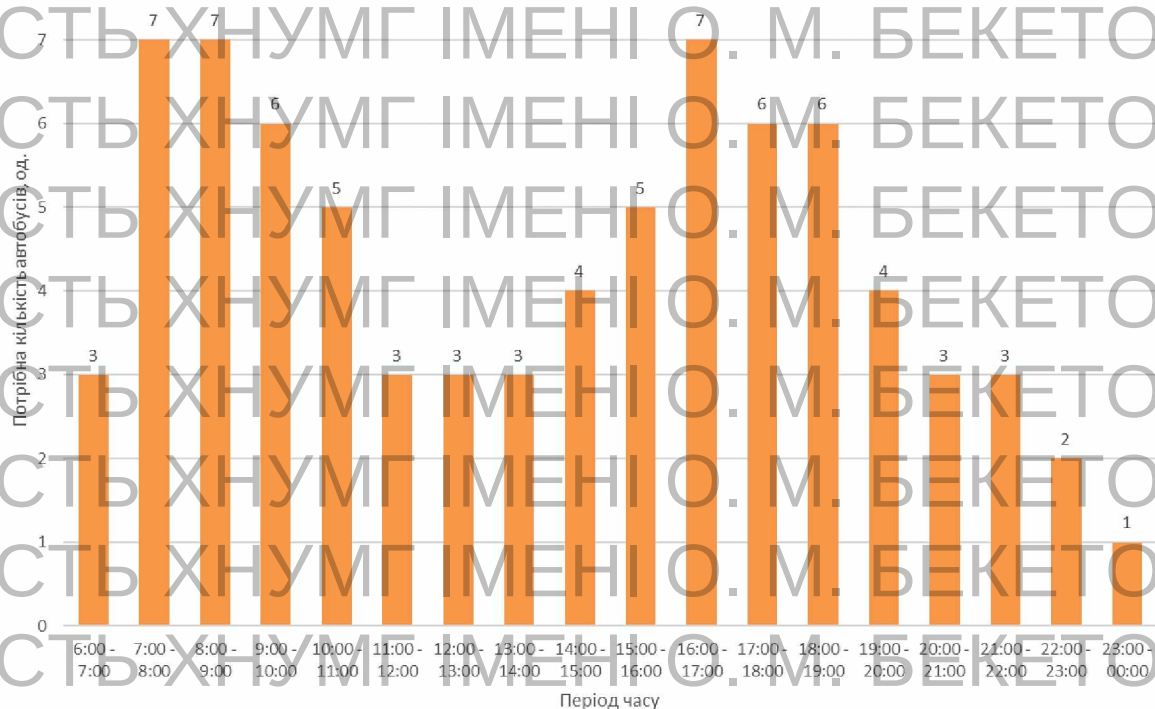


Рисунок 2.2 - Діаграма зміни потрібної кількості автобусів

Визначасмо коефіцієнт ефективності побудови графіку:

$$K_{ef} = \frac{AG_{nom}}{AG_{nob}}, \quad (2.5)$$

де AG_{nom} – автомобіле-години потрібні;

AG_{nob} – автомобіле-години побудовані.

$$K_{ef} = \frac{84}{81} = 0,964.$$

Таке значення задовольняє умові $0,9 \leq K_{ef} \leq 1,0$, внаслідок чого побудований графік може бути застосований для розробки маршрутного розкладу.

2.3 Розробка розкладу руху автобусів на маршруті

На першому етапі розраховуємо інтервали руху у різні періоди часу:

$$I_{i-(i+1)} = \frac{t_{об}}{A_{i-(i+1)}}. \quad (2.6)$$

З 6:00 по 7:00 інтервал руху становить:

$$I_{6:00-7:00} = \frac{48}{3} = 16,0 \text{ хв.}$$

Результати інших розрахунків наведені у табл. 2.2.



Рисунок 2.3 - Графік роботи водіїв та автобусів

Таблиця 2.2 - Інтервали руху автобусів

Години роботи	6:00 - 7:00	7:00 - 8:00	8:00 - 9:00	9:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 13:00	13:00 - 14:00	14:00 - 15:00
Кількість транспортних засобів, од.	3	7	7	7	5	3	3	3	4
Інтервал руху, хв.	16,0	6,9	6,9	6,9	9,6	16,0	16,0	16,0	12,0
Години роботи	15:00 - 16:00	16:00 - 17:00	17:00 - 18:00	18:00 - 19:00	19:00 - 20:00	20:00 - 21:00	21:00 - 22:00	22:00 - 23:00	23:00 - 00:00
Кількість транспортних засобів, од.	5	7	7	7	4	3	3	3	3
Інтервал руху, хв.	9,6	6,9	6,9	6,9	12,0	16,0	16,0	16,0	16,0

З урахуванням інтервалів руху та з використанням методики [2, 6] будуємо стрічковий графік руху автобусів (рис. 2.4). За результатами складання стрічкового графіку розробляємо маршрутний розклад (табл. 2.3).

Виходячи з розкладу визначаємо час виїзду автобусів з АТП:

$$t_{\text{виїзд}} = t_{\text{відпрКЗ1}} - t_0, \quad (2.7)$$

де $t_{\text{відпрКЗ1}}$ - час відправлення випуску в перший оберт;

t_0 - час здійснення нульового пробігу.

Також розраховуємо час заїзду автобусів до АТП:

$$t_{\text{заїзд}} = t_{\text{прибКЗ1}} + t_0, \quad (2.8)$$

де $t_{\text{прибКЗ1}}$ - час прибуття автобусу до кінцевої зупинки після здійснення останнього оберт.

Номери
випусків

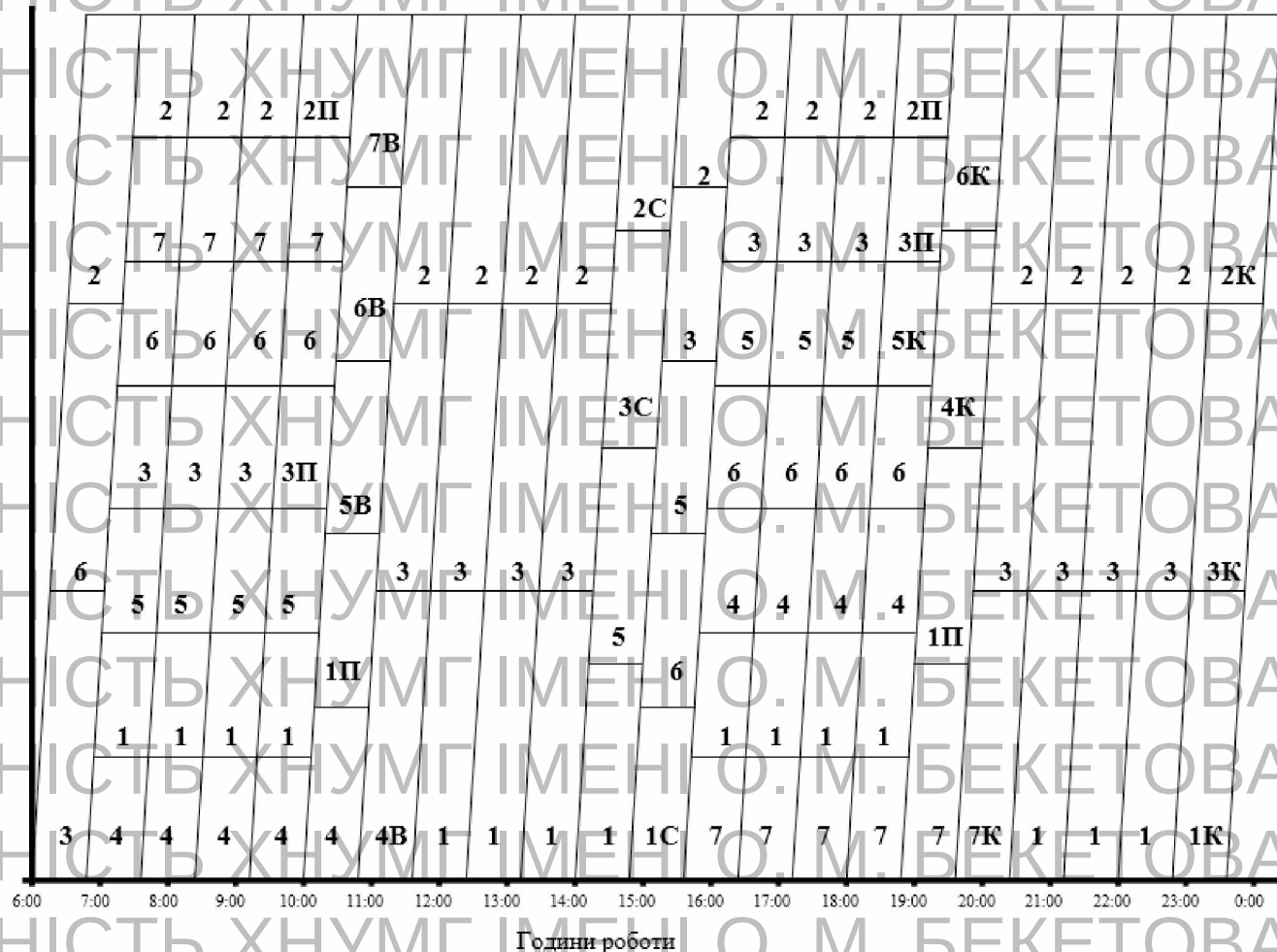


Рисунок 2.4 - Стрічковий графік руху автобусів

Таблиця 2.3 - Розклад руху автобусів

Випуск 1		Випуск 2		Випуск 3		Випуск 4		Випуск 5		Випуск 6		Випуск 7	
КЗ1	КЗ2	КЗ1	КЗ2	КЗ1	КЗ2	КЗ1	КЗ2	КЗ1	КЗ2	КЗ1	КЗ2	КЗ1	КЗ2
6:54	7:18	6:32	6:56	6:00	6:24	6:48	7:12	7:01	7:25	6:16	6:40	7:22	7:46
7:42	8:06	7:29	7:53	7:08	7:32	7:36	8:00	7:49	8:13	7:15	7:39	8:10	8:34
8:30	8:54	8:17	8:41	7:56	8:20	8:24	8:48	8:37	9:01	8:03	8:27	8:58	9:22
9:18	9:42	9:05	9:29	8:44	9:08	9:12	9:36	9:25	9:49	8:51	9:15	9:46	10:10
10:09	10:33	9:53	10:17	9:32	9:56	10:00	10:24	10:19	10:43	9:39	10:03	10:38	11:02
10:57	П	10:41	П	10:20	П	10:48	11:12	11:07	В	10:28	10:52	11:26	В
11:36	12:00	11:20	11:44	11:04	11:28	11:36	В	14:12	14:36	11:16	В	15:36	16:00
12:24	12:48	12:08	12:32	11:52	12:16	15:49	16:13	15:07	15:31	14:57	15:21	16:24	16:48
13:12	13:36	12:56	13:20	12:40	13:04	16:37	17:01	16:03	16:27	15:56	16:20	17:12	17:36
14:00	14:24	13:44	14:08	13:28	13:52	17:25	17:49	16:51	17:15	16:44	17:08	18:00	18:24
14:48	15:12	14:36	15:00	14:24	14:48	18:13	18:37	17:39	18:03	17:32	17:56	18:48	19:12
15:36	С	15:24	С	15:12	С	19:12	19:36	18:27	18:51	18:20	18:44	19:36	20:00
15:42	16:06	15:26	15:50	15:16	15:40	20:00	К	19:15	К	19:24	19:48	20:24	К
16:30	16:54	16:17	16:41	16:10	16:34					20:12	К		
17:18	17:42	17:05	17:29	16:58	17:22								
18:06	18:30	17:53	18:17	17:46	18:10								
19:00	19:24	18:41	19:05	18:34	18:58								
19:48	П	19:29	П	19:22	П								
20:24	20:48	20:08	20:32	19:52	20:16								
21:12	21:36	20:56	21:20	20:40	21:04								
22:00	22:24	21:44	22:08	21:28	21:52								
22:48	23:12	22:32	22:56	22:16	22:40								
23:36	К	23:20	23:44	23:04	23:28								
		0:08	К	23:52	К								

Час здійснення нульового пробігу:

$$t_0 = \frac{l_0 \cdot 60}{V_m}, \quad (2.9)$$

де l_0 - нульовий пробіг, км;

V_m - технічна швидкість автобусу, км/год.

$$t_0 = \frac{2,7 \cdot 60}{30} = 5 \text{ хв.}$$

Для автобусу першого випуску:

$$t_{\text{виїзд}} = 6:54 - 0:05 = 6:49 \text{ год.}$$

$$t_{\text{заїзд}} = 23:36 + 0:05 = 23:41 \text{ год.}$$

Результати розрахунків для автобусів інших випусків наведені у табл.

2.4.

Визначаємо час у наряді автобусів:

$$T_n = t_{\text{заїзд}} - t_{\text{виїзд}} - t_{\text{обід(відстій)}}, \quad (2.10)$$

де $t_{\text{обід(відстій)}}$ - час обідньої перерви (відстою), год.

Для першого випуску:

$$T_{n1} = 23:41 - 6:49 - (0:38 + 0:36) = 15:36 \text{ год.}$$

Таблиця 2.4 – Показники часу роботи автобусів на маршруті та час в наряді

Номер випуску			1	2	3	4	5	6	7
Час виїзду з АТП			6:49	6:27	5:55	6:43	6:56	6:11	7:17
Час заїзду в АТП			23:41	0:13	23:57	20:05	19:20	20:17	20:29
Час перерви або відстою	1-зміна		0:38	0:38	0:43	4:13	3:04	3:40	4:09
	2-зміна		0:36	0:38	0:31				
Час роботи на маршруті	1-зміна (до відстою)	до перерви	4:02	4:09	4:20	4:00	4:05	4:12	4:04
		після перерви	4:00	4:04	4:08				
	2-зміна (після відстою)	до перерви	4:05	4:02	4:05	4:10	5:03	5:14	4:48
		після перерви	3:12	4:00	4:00				
Час в наряді транспортного засобу			15:36	16:28	16:48	9:08	9:18	10:25	9:02
Кількість обертів			19	20	20	11	11	12	11

Виходячи з отриманих даних (табл. 2.4) можна стверджувати, що розроблений розклад забезпечує дотримання вимог щодо режимів праці водіїв.

2.4 Висновки по розділу

1. На основі аналізу зміни пасажиропотоків у різні періоди доби визначено необхідну кількість рухомого складу та встановлено раціональні інтервали руху автобусів. За результатами розрахунків встановлено, що потреба в автобусах змінюється від 3 до 7 одиниць залежно від інтенсивності пасажиропотоку, при цьому мінімальний інтервал руху у години «пік» становить 6,9 хв, а в періоди мінімального попиту 16,0 хв.

2. На підставі визначеної потреби в рухомому складі розроблено графік роботи водіїв і автобусів. Оцінювання ефективності побудованого графіка показало, що коефіцієнт ефективності становить 0,964, що відповідає нормативним вимогам і підтверджує можливість його практичного застосування для організації роботи маршруту.

3. Побудовано стрічковий графік роботи автобусів та розроблено маршрутний розклад. Визначено час перебування автобусів у наряді, тривалість перерв для кожного випуску забезпечує дотримання нормативних вимог щодо організації роботи водіїв.

РОЗДІЛ 3

ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ МАРШРУТУ

3.1 Оснащення перехрестя технічними засобами

Безпека та ефективність функціонування міських перехресть значною мірою залежать від правильного вибору та розміщення технічних засобів організації дорожнього руху. Їх застосування забезпечує упорядкування транспортних і пішохідних потоків, зменшення ймовірності виникнення дорожньо-транспортних пригод, підвищення пропускної спроможності перехрестя та скорочення затримок транспортних засобів.

Під час розроблення проєкту організації дорожнього руху досліджуване перехрестя оснащується комплексом технічних засобів відповідно до вимог чинних нормативних документів. До їх складу входять дорожні знаки, дорожня розмітка, транспортні та пішохідні світлофори (рис. 3.1).

Для регулювання руху транспортних засобів передбачено встановлення транспортних світлофорів, які забезпечують почерговий пропуск транспортних потоків відповідно до наявних фаз світлофорного циклу. На всіх пішохідних переходах встановлюються пішохідні світлофори, синхронізовані з роботою транспортних світлофорів, що дозволяє забезпечити безпечний перехід проїзної частини пішоходами.

З метою інформування водіїв про умови руху на підходах до перехрестя встановлюються дорожні знаки пріоритету. Для чіткого розподілу транспортних потоків наноситься горизонтальна дорожня розмітка.

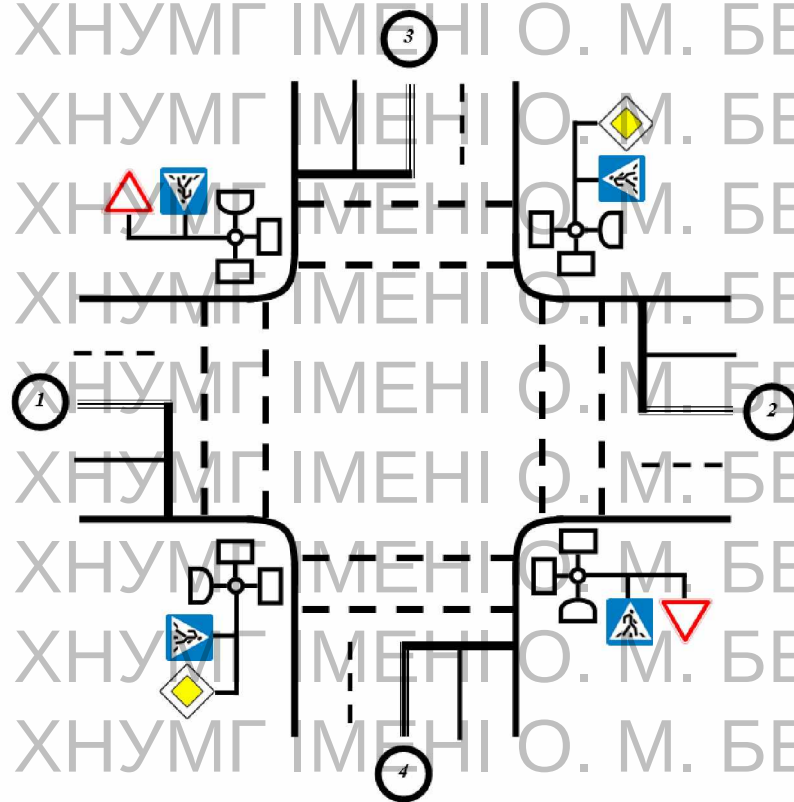


Рисунок 3.1 – Встановлення технічних засобів на перехресті

У результаті впровадження запропонованого комплексу технічних засобів організації дорожнього руху забезпечується чітке розмежування транспортних і пішохідних потоків, знижується конфліктність руху на перехресті, підвищується рівень безпеки дорожнього руху та створюються умови для ефективного функціонування світлофорного регулювання.

3.2 Організація пофазного роз'їзду

Ефективність світлофорного регулювання значною мірою визначається правильною організацією пофазного роз'їзду транспортних і пішохідних потоків. Основною метою пофазної організації руху є розподіл конфліктуючих напрямків у часі, що дозволяє підвищити рівень безпеки

дорожнього руху, збільшити пропускну спроможність перехрестя та зменшити середні затримки транспортних засобів.

Під час проєктування схеми пофазного роз'їзду було виконано аналіз інтенсивності транспортних потоків за всіма напрямками руху, визначено характер маневрів транспортних засобів та виявлено конфліктні точки.

Аналіз транспортних потоків показав, що інтенсивність лівоповоротного руху на всіх підходах до досліджуваного перехрестя не перевищує 120 авт./год. За таких умов організація окремої фази світлофорного регулювання для виконання лівих поворотів є недоцільною, оскільки призведе до збільшення тривалості циклу регулювання, зростання затримок транспортних засобів та зниження пропускну спроможності перехрестя. Тому лівоповоротні маневри доцільно здійснювати у складі основних фаз із пропуском транспортних засобів у розривах зустрічного потоку, що не створює суттєвих перешкод для руху. Враховуючи зазначене, оптимальним рішенням для організації дорожнього руху є застосування двофазного режиму світлофорного регулювання, який забезпечує черговий пропуск взаємонеконфліктних транспортних потоків та одночасний рух пішоходів у безпечних напрямках. Запропонована схема пофазного роз'їзду представлена на рис. 3.2 та 3.3.

Після розроблення схеми пофазного роз'їзду транспортних і пішохідних потоків виконуємо розрахунок параметрів світлофорного регулювання, від яких залежить ефективність функціонування перехрестя. На цьому етапі визначають оптимальну тривалість світлофорного циклу, кількість і послідовність фаз регулювання, а також тривалість основних (дозвільних) і проміжних (перехідних) тактів. Розподіл часу між окремими фазами здійснюється з урахуванням інтенсивності транспортних та пішохідних потоків, складу транспортного потоку, геометричних характеристик перехрестя й умов безпечного пропуску всіх учасників дорожнього руху.

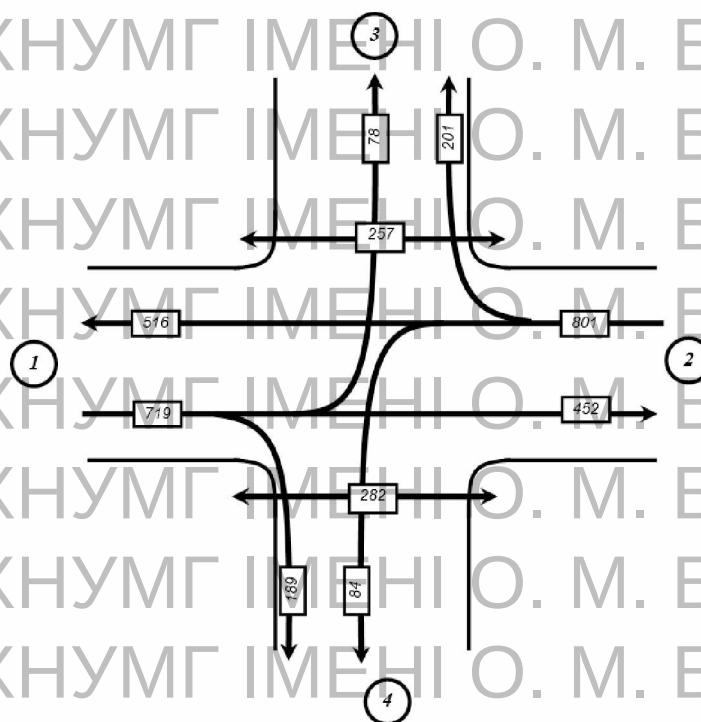


Рисунок 3.2 – Поток у першій фазі

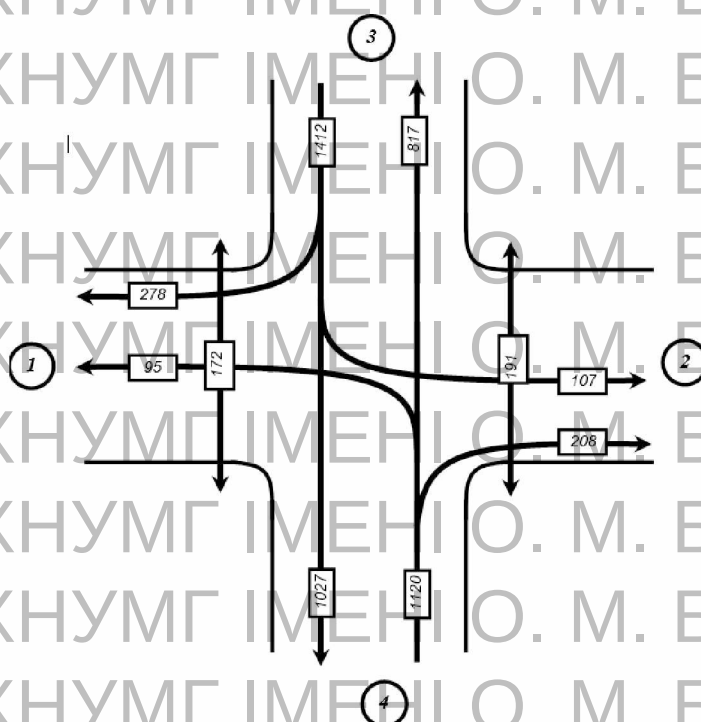


Рисунок 3.3 – Поток у другій фазі

3.3 Розрахунок параметрів світлофорного регулювання

На першому етапі розрахунку параметрів світлофорного регулювання визначають потоки насичення для кожного напрямку руху на перехресті.

Потік насичення характеризує максимально можливу інтенсивність руху транспортних засобів через стоп-лінію за умови безперервного ввімкнення дозволяючого сигналу світлофора та використовується як один із основних параметрів під час визначення фазових коефіцієнтів, оптимальної тривалості світлофорного циклу і часу дозвільних сигналів. Для розрахунку потоку насичення використовується формула:

$$M_{Hij} = 525 B_{ПЧ} K_i K_R K_C, \quad (3.1)$$

$B_{ПЧ}$ – ширина проїзної частини на підході до перехрестя, м;

K_R , K_i , K_C – коефіцієнти зменшення потоку насичення внаслідок впливу крутизни повздовжнього ухилу, радіусу кривизни поворотних потоків та складу транспортного потоку за видами транспортних засобів.

Під час проведення розрахунків приймаємо, що K_R та K_i дорівнюють 1,0. Значення K_C визначаємо за формулою:

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

де a , b , c – відповідно відсоток транспортних засобів, що виконують рух прямо, повертають ліворуч та праворуч, %.

$$M_{H1(1-2, 1-3, 1-4)} = 525 \cdot 6,5 \cdot (100 / (62,9 + 1,75 \cdot 10,8 + 1,25 \cdot 26,3)) = 2975 \text{ авт./год.}$$

$$M_{H1(2-1, 2-3, 2-4)} = 525 \cdot 6,5 \cdot (100 / (64,4 + 1,75 \cdot 10,5 + 1,25 \cdot 25,1)) = 2990 \text{ авт./год.}$$

$$M_{H2(3-1, 3-2, 3-4)} = 525 \cdot 6,5 \cdot (100 / (72,7 + 1,75 \cdot 7,6 + 1,25 \cdot 19,7)) = 3085 \text{ авт./год.}$$

$$M_{H2(4-1, 4-2, 4-3)} = 525 \cdot 6,5 \cdot (100 / (72,9 + 1,75 \cdot 8,5 + 1,25 \cdot 18,6)) = 3074 \text{ авт./год.}$$

Визначаємо фазові коефіцієнти:

$$Y_{ij} = \frac{N_{npj}}{M_{Hij}}, \quad (3.3)$$

де N_{npj} – інтенсивність руху у j -ому напрямку у i -ій фазі регулювання, авт./год.

$$Y_{1(1-2, 1-3, 1-4)} = 719 / 2975 = 0,242.$$

$$Y_{1(2-1, 2-3, 2-4)} = 801 / 2990 = 0,268.$$

$$Y_{2(3-1, 3-2, 3-4)} = 1412 / 3085 = 0,458.$$

$$Y_{2(4-1, 4-2, 4-3)} = 1120 / 3074 = 0,364.$$

Після визначення потоків насичення виконуємо розрахунок фазових коефіцієнтів для всіх напрямків руху. Розрахункові фазові коефіцієнти для кожної фази приймають за максимальними значеннями серед транспортних потоків, що одночасно обслуговуються в межах відповідної фази. Такий підхід забезпечує достатню тривалість дозвільного сигналу для найбільш завантаженого напрямку та гарантує ефективний пропуск транспортних

засобів. Для першої фази максимальне значення фазового коефіцієнта становить 0,268, тому саме його приймають як розрахункове. Для другої фази розрахунковий фазовий коефіцієнт дорівнює 0,458.

Результати розрахунків наводимо у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Фазові коефіцієнти

Світлофорна фаза	1		2	
Підхід до перехрестя	1	2	3	4
Інтенсивність руху, авт./год	719	801	1412	1120
Потік насичення, авт./год	2975	2990	3085	3074
Фазові коефіцієнти	0,242	0,268	0,458	0,364
Розрахункові фазові коефіцієнти	0,268		0,458	

Визначаємо час проміжних тактів:

$$t_n = \frac{V_a}{7,2 \cdot a_t} + \frac{3,6 \cdot (l_j + l_a)}{V_a}, \quad (3.4)$$

де V_a – швидкість руху автомобілів, км/год;

a_t – сповільнення автомобіля при гальмуванні;

l_j – відстань від стоп-лінії до самої дальньої конфліктної точки перетинання потоків руху, м;

l_a – середня довжина автомобіля, м.

Тривалість проміжних тактів для першої та другої фаз:

$$t_n = \frac{41}{7,2 \cdot 4} + \frac{3,6 \cdot (14,9 + 5,5)}{41} = 4 \text{ с.}$$

Проводимо розрахунок тривалості циклу світлофорного регулювання:

$$T_y = \frac{1,5 \cdot T_n + 5}{1 - Y}, \quad (3.5)$$

де T_n – сума часу проміжних тактів, с;

Y – сума розрахункових фазових коефіцієнтів.

$$T_n = \sum_{i=1}^K t_{ni}, \quad (3.6)$$

де k – кількість фаз у циклі.

$$T_n = 4 + 4 = 8 \text{ с.}$$

$$Y = \sum_{i=1}^K Y_i. \quad (3.7)$$

$$Y = 0,268 + 0,458 = 0,726.$$

$$T_y = \frac{1,5 \cdot 8 + 5}{1 - 0,726} = 62 \text{ с.}$$

Розраховуємо час переходу дороги пішоходами:

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

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

$$t_{nu(1,2)} = \frac{13}{1,3} + 5 = 15 \text{ с.}$$

$$t_{nu(3,4)} = \frac{13}{1,3} + 5 = 15 \text{ с.}$$

Розраховуємо час основних тактів:

$$t_{oi} = \frac{(T_y - T_n) \cdot Y_i}{Y}, \quad (3.9)$$

$$t_{o1} = \frac{(62 - 8) \cdot 0,268}{0,726} = 20 \text{ с.}$$

$$t_{o2} = \frac{(62 - 8) \cdot 0,458}{0,726} = 34 \text{ с.}$$

Розраховуємо середню затримку автомобілів на перехресті:

$$\bar{t}_{\Delta P} = \frac{\sum_{j=1}^K t_{\Delta Pj} \cdot N_j}{\sum_{j=1}^K N_j}, \quad (3.10)$$

де $t_{\Delta Pj}$ – середня затримка автомобілів, що рухаються через перехрестя в j -ому напрямку, с.

$$t_{\Delta Pj} = 0,9 \cdot \left[\frac{T_y \cdot (1 - \lambda)^2}{2 \cdot (1 - \lambda X_j)} + \frac{X_j^2}{2 N_j \cdot (1 - X_j)} \right], \quad (3.11)$$

де λ – відношення часу основних тактів до часу циклу.

$$\lambda = \frac{t_{of}}{T_u}. \quad (3.12)$$

$$\lambda_1 = 20/62 = 0,323; \lambda_2 = 34/62 = 0,548.$$

Розраховуємо ступінь насичення напрямків:

$$X_j = \frac{N_j T_u}{M_{nj} t_{of}}. \quad (3.13)$$

$$X_{1(1-2, 1-3, 1-4)} = \frac{719 \cdot 62}{2975 \cdot 20} = 0,749.$$

$$X_{1(2-1, 2-3, 2-4)} = \frac{801 \cdot 62}{2990 \cdot 20} = 0,831.$$

$$X_{2(3-1, 3-2, 3-4)} = \frac{1412 \cdot 62}{3085 \cdot 34} = 0,835.$$

$$X_{2(4-1, 4-2, 4-3)} = \frac{1120 \cdot 62}{3074 \cdot 34} = 0,664.$$

Середня затримка за напрямками 1-2, 1-3 та 1-4 дорівнює:

$$t_{\Delta Pj(1-2, 1-3, 1-4)} = 0,9 \cdot \left[\frac{62 \cdot (1 - 0,323)^2}{2 \cdot (1 - 0,323 \cdot 0,749)} + \frac{0,749^2}{2 \cdot 719 \cdot (1 - 0,749)} \right] = 16,89 \text{ с.}$$

Результати розрахунків зводимо до табл. 3.2.

Середня затримка автомобілів на перехресті дорівнює:

$$\bar{t}_{\Delta P}^{**} = \frac{16,89 \cdot 719 + 17,49 \cdot 801 + 10,49 \cdot 1412 + 8,95 \cdot 1120}{719 + 801 + 1412 + 1120} = 12,58 \text{ с.}$$

Аналогічні розрахунки затримок руху виконуємо для існуючого циклу регулювання. Результати заносимо до табл. 3.3.

Таблиця 3.2 – Затримки автомобілів при запропонованому циклі

Світлофорна фази	1		2	
Підхід до перехрестя	1	2	3	4
Час основного такту, с	20		34	
Час проміжного такту, с	4		4	
Час світлофорного циклу, с	62			
Потік насичення, авт./год	2975	2990	3085	3074
Інтенсивність руху, авт/год	719	801	1412	1120
Відношення часу дозволяючого сигналу світлофора до тривалості циклу	0,323	0,323	0,548	0,548
Ступінь насичення рухом	0,749	0,831	0,835	0,664
Затримка автомобілів, с.	16,89	17,49	10,49	8,95
Середня затримка автомобілів, с	12,58			

Таблиця 3.3 – Затримки автомобілів при існуючому циклі

Світлофорна фази	1		2	
Підхід до перехрестя	1	2	3	4
Час основного такту, с	23		37	
Час проміжного такту, с	4		4	
Час світлофорного циклу, с	68			
Потік насичення, авт./год	2975	2990	3085	3074
Інтенсивність руху, авт/год	719	801	1412	1120
Відношення часу дозволяючого сигналу світлофора до тривалості циклу	0,338	0,338	0,544	0,544
Ступінь насичення рухом	0,715	0,792	0,841	0,670
Затримка автомобілів, с.	17,67	18,31	11,73	10,00
Середня затримка автомобілів, с	13,61			

Визначасмо зміну середньої затримки:

$$\Delta \bar{t} = \bar{t}_{\Delta P}^* - \bar{t}_{\Delta P}^{**}. \quad (3.14)$$

$$\Delta \bar{t} = 13,61 - 12,58 = 1,02 \text{ с.}$$

Згідно з результатами проведених розрахунків, впровадження запропонованих параметрів світлофорного регулювання забезпечує підвищення ефективності функціонування досліджуваного перехрестя.

Зокрема, застосування розрахованого циклу світлофорного регулювання дозволяє скоротити середню затримку транспортних засобів на перехресті на 1,02 с порівняно з існуючою схемою організації дорожнього руху.

Зменшення затримок свідчить про більш раціональний розподіл часу між фазами світлофорного циклу, покращення умов пропуску транспортних потоків та підвищення пропускної спроможності перехрестя.

3.4 Висновки по розділу

1. Розроблено заходи з удосконалення організації дорожнього руху на перехресті міського автобусного маршруту. Запропоновано комплекс технічних засобів організації дорожнього руху, що включає встановлення транспортних і пішохідних світлофорів, дорожніх знаків та нанесення дорожньої розмітки, що забезпечує впорядкування транспортних і пішохідних потоків та підвищення рівня безпеки дорожнього руху.

2. На підставі аналізу інтенсивності транспортних потоків обґрунтовано застосування двофазного режиму світлофорного регулювання. Встановлено, що інтенсивність лівоповоротного руху не перевищує 120

авт./год, тому виділення окремої фази для виконання лівих поворотів є недоцільним.

3. У результаті розрахунку параметрів світлофорного регулювання визначено потоки насичення, фазові коефіцієнти, тривалість проміжних і основних тактів, оптимальну тривалість світлофорного циклу та середні затримки транспортних засобів. За результатами розрахунків встановлено, що оптимальна тривалість світлофорного циклу становить 62 с, при цьому тривалість основних тактів складає 20 с і 34 с, а середня затримка транспортних засобів на перехресті зменшується до 12,58 с.

4. Порівняльна оцінка існуючого та запропонованого циклів світлофорного регулювання показала ефективність запропонованих заходів. Впровадження розрахованих параметрів світлофорного регулювання забезпечує скорочення середньої затримки транспортних засобів на 1,02 с, що свідчить про підвищення ефективності функціонування перехрестя.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано сучасні підходи до організації міських пасажирських перевезень та встановлено, що ефективність функціонування маршрутів значною мірою залежить від комплексного врахування транспортного попиту, оптимізації маршрутної мережі, раціонального вибору рухомого складу, розроблення розкладу руху та застосування сучасних методів оперативного управління перевізним процесом.

2. На підставі величини максимального пасажиропотоку обґрунтовано доцільність використання автобусів малого класу пасажиромісткості. За результатами порівняльної оцінки експлуатаційних витрат встановлено, що найбільш економічно ефективним є застосування автобуса БАЗ-А081.11, для якого сумарні експлуатаційні витрати становлять 1577,55 грн/год. Розраховано основні експлуатаційні показники маршруту, зокрема визначено необхідну кількість рухомого складу (7 автобусів), інтервал руху (6,9 хв), час оборотного рейсу (48 хв), а також коефіцієнти використання пасажиромісткості та змінюваності пасажирів.

3. За допомогою засобів Microsoft Excel виконано прогнозування обсягів перевезень пасажирів. Отримані результати свідчать про позитивну тенденцію розвитку транспортного попиту: прогнозований річний обсяг перевезень у 2026 році становить 2157347 пасажирів, що на 63088 пасажирів (3,01 %) більше порівняно з 2025 роком. Прогнозоване зростання пасажиропотоку підтверджує доцільність подальшого вдосконалення організації перевезень, оптимізації режимів роботи маршруту та забезпечення необхідної провізної спроможності міського пасажирського транспорту.

4. На основі аналізу зміни пасажиропотоків у різні періоди доби визначено необхідну кількість рухомого складу та встановлено раціональні інтервали руху автобусів. За результатами розрахунків встановлено, що

потреба в автобусах змінюється від 3 до 7 одиниць залежно від інтенсивності пасажиропотоку, при цьому мінімальний інтервал руху у години «пік» становить 6,9 хв, а в періоди мінімального попиту 16,0 хв.

5. На підставі визначеної потреби в рухомому складі розроблено графік роботи водіїв і автобусів. Оцінювання ефективності побудованого графіка показало, що коефіцієнт ефективності становить 0,964, що відповідає нормативним вимогам і підтверджує можливість його практичного застосування для організації роботи маршруту.

6. Побудовано стрічковий графік роботи автобусів та розроблено маршрутний розклад. Визначено час перебування автобусів у наряді, тривалість перерв для кожного випуску забезпечує дотримання нормативних вимог щодо організації роботи водіїв.

7. Розроблено заходи з удосконалення організації дорожнього руху на перехресті міського автобусного маршруту. Запропоновано комплекс технічних засобів організації дорожнього руху, що включає встановлення транспортних і пішохідних світлофорів, дорожніх знаків та нанесення дорожньої розмітки, що забезпечує впорядкування транспортних і пішохідних потоків та підвищення рівня безпеки дорожнього руху.

8. На підставі аналізу інтенсивності транспортних потоків обґрунтовано застосування двофазного режиму світлофорного регулювання. Встановлено, що інтенсивність лівоповоротного руху не перевищує 120 авт./год, тому виділення окремої фази для виконання лівих поворотів є недоцільним.

9. У результаті розрахунку параметрів світлофорного регулювання визначено потоки насичення, фазові коефіцієнти, тривалість проміжних і основних тактів, оптимальну тривалість світлофорного циклу та середні затримки транспортних засобів. За результатами розрахунків встановлено, що оптимальна тривалість світлофорного циклу становить 62 с, при цьому

тривалість основних тактів складає 20 с і 34 с, а середня затримка транспортних засобів на перехресті зменшується до 12,58 с.

10. Порівняльна оцінка існуючого та запропонованого циклів світлофорного регулювання показала ефективність запропонованих заходів.

Впровадження розрахованих параметрів світлофорного регулювання забезпечує скорочення середньої затримки транспортних засобів на 1,02 с, що свідчить про підвищення ефективності функціонування перехрестя.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Розумний транспорт і логістика для міст: навчальний посібник / [авт. колектив: О.О. Лобашов, М.В. Ольхова, А.С. Галкін та ін.] Житомир: «Житомирська політехніка», 2021. 612 с.
2. Давідіч Ю. О. Розробка розкладу руху транспортних засобів при організації пасажирських перевезень: навч. посіб. Харків: ХНАМГ, 2010. 345 с.
3. Босняк М.Г. Пасажирські автомобільні перевезення. Навчальний посібник. Київ: Слово, 2009. 272 с.
4. Доля В. К. Пасажирські перевезення: підручник Харків: Форт, 2010. 504 с.
5. Ceder A. Public transit planning and operation: theory, modeling and practice. Oxford: Elsevier, 2007. 626 p.
6. Вакуленко К. Є., Доля К. В. Управління міським пасажирським транспортом: навч. посібник. Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2015. 257 с.
7. Кашканов В. А., Кашканов А. А., Варчук В. В. Організація автомобільних перевезень: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2017. 139 с.
8. Маруніч В.С., Шморгун Л.Г. та ін. Організація та управління пасажирськими перевезеннями: підручник / за ред. доц. В.С. Маруніч, проф. Л. Г. Шморгуна. К.: Міленіум, 2017. 528 с.
9. Лежнева О. І. Організація перевезень пасажирів у містах: Навчальний посібник. Харків: Точка, 2010. 311 с.
10. Лобашов О. О., Прасоленко О. В. Практикум з дисципліни «Організація дорожнього руху»: навч. посіб. Харків: ХНАМГ. 2011. 221 с.