

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 8216 пасажирів**

Виконав: студент 4 курсу, групи ТТ 2022-1
спеціальності 275 Транспортні
технології (за видами)

Стегура В. 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**
Стегурі Володимирі Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Проектування організації перевезень на міському автобусному маршруті з добовим обсягом перевезень 8216 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) Епюра 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. ТСЛ 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)

Стегура В. 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	373	0	10	345	0
2	68	9	9	50	9
3	49	17	8	42	32
4	54	33	7	38	39
5	42	38	6	27	21
6	37	45	5	24	30
7	28	42	4	26	41
8	22	51	3	21	28
9	10	62	2	4	43
10	0	386	1	0	334

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	0,88	0,92	1,04	1,08	0,92	0,96	1,06	0,97	1,22

Таблиця 3 - Параметри маршруту

Показники	Значення
Експлуатаційна швидкість, км/год	20
Технічна швидкість, км/год	26
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	257548	287557	323187
Лютий	258047	260944	249463
Березень	245307	275680	293638
Квітень	267790	261583	287682
Травень	269039	274303	269431
Червень	265292	300905	326190
Липень	246806	251378	258520
Серпень	228820	245463	274332
Вересень	260296	295238	295571
Жовтень	268289	255442	265917
Листопад	256299	282154	282768
Грудень	273785	268296	284647

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	0,89	1	0,92	0,65	0,44	0,39	0,41	0,59	0,63	0,95	0,88	0,68	0,42	0,39	0,36	0,24	0,19

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	3,4 (3,2)			3,4 (3,2)		
Напрямок руху	1-2	1-3	1-4	2-1	2-4	2-3
Інтенсивність руху, авт./год	732	106	212	639	94	172
Інтенсивність пішохідних потоків, пас./год	152			136		
Номер підходу до перехрестя	3			4		
Кількість смуг руху, од.	2			2		
Ширина першої смуги руху (другої), м	3,4 (3,2)			3,4 (3,2)		
Напрямок руху	3-4	3-2	3-1	4-3	4-1	4-2
Інтенсивність руху, авт./год	1027	109	211	836	98	194
Інтенсивність пішохідних потоків, пас./год	288			253		

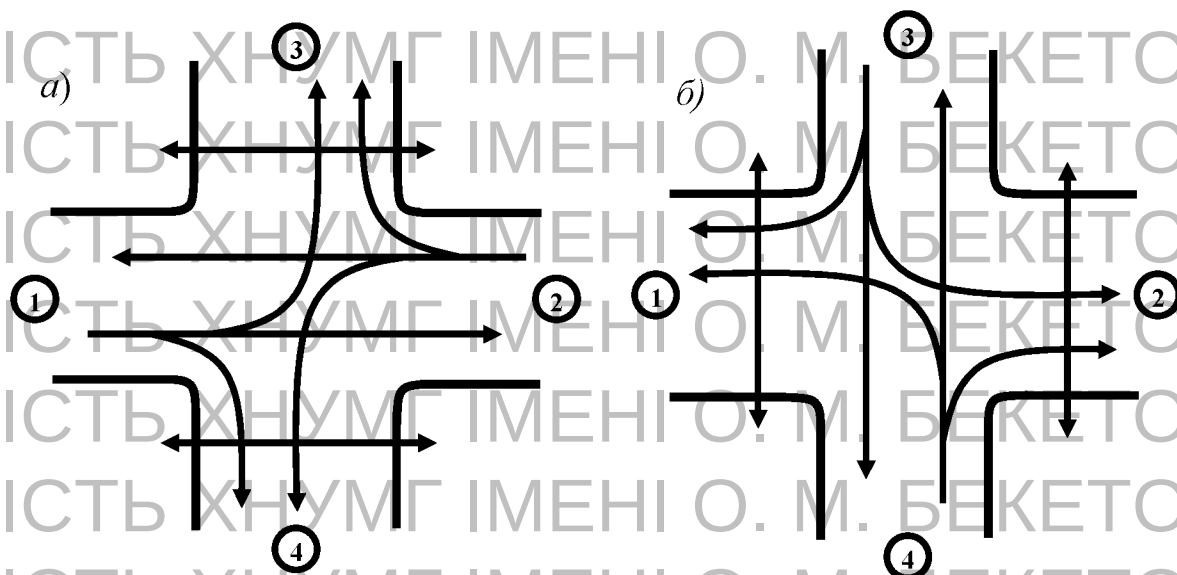


Рисунок 1 – Існуюча схема пофазного розізду:

а) I фаза; б) II фаза.

Таблиця 7 – Характеристики існуючого циклу світлофорного регулювання

Номер фази	1	2
Час основного такту, с	33	40
Час проміжного такту, с	4	4
Час циклу, с	81	

Студент _____

(підпис)

Керівник роботи _____

(підпис)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота налічує 79 сторінок пояснювальної записки, 11 ілюстрацій, 12 таблиць, 12 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: автобусний маршрут міського пасажирського транспорту з добовим обсягом 8216 пасажирів.

Метою роботи є проектування раціональної організації перевезень на міському автобусному маршруті з добовим обсягом перевезень 8216 пасажирів.

Метод дослідження: аналітичний.

За результатами виконаного дослідження обґрунтовано доцільність використання автобуса Богдан А30251, який за результатами техніко-економічного аналізу виявився найбільш ефективним варіантом рухомого складу. Проведене прогнозування пасажиропотоків засвідчило очікуване зростання попиту на перевезення. Розроблено раціональний маршрутний розклад, який забезпечує узгодження роботи автобусів із нерівномірністю транспортного попиту. У межах роботи також запропоновано заходи з удосконалення організації дорожнього руху на досліджуваному перехресті, зокрема оптимізовано параметри світлофорного регулювання.

Практичне значення одержаних результатів полягає в можливості їх використання під час проектування нових і вдосконалення існуючих міських автобусних маршрутів.

МАРШРУТ, ПАСАЖИРОПОТІК, ПАСАЖИРСЬКІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ,
ОРГАНІЗАЦІЯ РУХУ, РОЗКЛАД РУХУ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
Розділ 1 ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ.....	10
1.1 Аналіз методів удосконалення організації міських пасажирських перевезень.....	10
1.2 Розрахунок пасажиропотоків та транспортної роботи.....	32
1.3 Вибір марки автобусу для здійснення перевезень.....	37
1.4 Розрахунок експлуатаційних показників перевезень.....	43
1.5 Прогнозування обсягів перевезень.....	47
1.6 Висновки по розділу.....	49
Розділ 2 РОЗРОБКА РОЗКЛАДУ РУХУ.....	51
2.1 Визначення потрібної кількості автобусів.....	51
2.2 Розробка графіку роботи водіїв і автобусів.....	55
2.3 Розробка маршрутного розкладу.....	55
2.4 Висновки по розділу.....	62
Розділ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ МАРШРУТУ.....	63
3.1 Інтенсивності руху транспорту та пішоходів.....	63
3.2 Інженерне облаштування перехрестя.....	64
3.3 Формування схеми пофазного роз'їзду.....	65
3.4 Розрахунок параметрів циклу світлофорного регулювання.....	67
3.5 Висновки по розділу.....	65
ВИСНОВКИ.....	67
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	79

					ННІЕІТІ ТСЛ ТТ 2022-І ТТ XXX...Х ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка		
Розроб.		Стегурса В.В.					
Перевір.		Понкратов Д.П.					
Н. контр.		Бурко Д.Л.					
Затв.		Куш Є.І.					
					Літера	Аркуш	Аркушів
					о п у	8	79
					ХНУМГ		

ВСТУП

В умовах зростання рівня автомобілізації, нерівномірності пасажиропотоків, збільшення транспортних заторів та обмеженого фінансування громадського транспорту особливої актуальності набуває удосконалення організації перевезень на міських автобусних маршрутах. Підвищення ефективності функціонування маршрутної мережі потребує комплексного підходу, що передбачає аналіз транспортного попиту, визначення закономірностей зміни пасажиропотоків, вибір раціонального типу та кількості рухомого складу, розроблення розкладу руху й удосконалення організації дорожнього руху на маршрутах.

Застосування сучасних методів аналізу та моделювання перевізного процесу дозволяє оптимізувати використання автобусів різної пасажиромісткості, скоротити експлуатаційні витрати перевізників, зменшити витрати часу пасажирів на очікування та поїздки, а також підвищити рівень комфорту й надійності транспортного обслуговування. Особливого значення набуває врахування нерівномірності пасажиропотоків за годинами доби та ділянками маршруту, що є основою для прийняття ефективних організаційних рішень.

РОЗДІЛ 1

ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

1.1 Аналіз методів удосконалення організації міських пасажирських перевезень

Ефективне функціонування системи міського громадського транспорту є однією з ключових передумов сталого розвитку сучасних міст. Пасажирський транспорт забезпечує транспортну доступність основних об'єктів міської інфраструктури, створює умови для мобільності населення, сприяє розвитку економічної діяльності, підвищує рівень соціальної інтеграції та формує комфортне міське середовище. Від якості організації пасажирських перевезень значною мірою залежать витрати часу населення на пересування, рівень транспортної доступності різних районів міста, екологічний стан, безпека дорожнього руху та загальна ефективність функціонування транспортної системи. Саме тому вдосконалення організації міських пасажирських перевезень належить до пріоритетних напрямів розвитку міської транспортної інфраструктури [1–10].

Організація міських пасажирських перевезень являє собою комплекс взаємопов'язаних технічних, організаційних, економічних і технологічних заходів, спрямованих на забезпечення населення якісними транспортними послугами. Основним завданням цієї діяльності є створення такої системи транспортного обслуговування, яка забезпечує безпечне, своєчасне, регулярне, комфортне та економічно обґрунтоване перевезення пасажирів між районами міста. При цьому особлива увага приділяється скороченню тривалості поїздок, підвищенню надійності роботи маршрутної мережі, забезпеченню доступності громадського транспорту для всіх категорій населення та раціональному використанню рухомого складу [3, 5].

Головною метою організації міських пасажирських перевезень є формування ефективної транспортної системи, яка максимально повно задовольняє потреби населення у щоденному пересуванні до місць роботи, навчання, проживання, лікування, культурно-побутового обслуговування, відпочинку та інших об'єктів соціальної інфраструктури. Досягнення зазначеної мети потребує комплексного вирішення низки взаємопов'язаних завдань, реалізація яких забезпечує підвищення якості транспортного обслуговування, покращення експлуатаційних показників роботи транспорту та зменшення транспортних витрат як перевізників, так і пасажирів [4, 9].

Досягнення високого рівня якості транспортного обслуговування населення можливе лише за умови комплексного підходу до планування та управління міськими пасажирськими перевезеннями. Організація перевізного процесу охоплює сукупність взаємопов'язаних етапів, кожен із яких має важливе значення для забезпечення ефективної роботи маршрутної мережі, раціонального використання рухомого складу та задоволення транспортних потреб населення. Реалізація зазначених етапів дає змогу підвищити надійність функціонування громадського транспорту, зменшити витрати часу пасажирів, оптимізувати експлуатаційні витрати перевізників і покращити загальні показники роботи транспортної системи [4, 7].

До основних етапів організації міських автобусних перевезень належать [1–10]:

- дослідження транспортного попиту населення та визначення закономірностей формування пасажиропотоків;
- проєктування або вдосконалення маршрутної мережі з урахуванням особливостей планувальної структури міста та існуючих транспортних зв'язків;
- обґрунтування вибору типу, пасажиромісткості та необхідної кількості автобусів відповідно до прогнозованих обсягів перевезень;

- розроблення раціональних розкладів руху, визначення інтервалів руху й кількості транспортних засобів за різними періодами доби;
- організація дорожнього руху на маршрутах із впровадженням заходів щодо підвищення швидкості сполучення, безпеки та пріоритетності громадського транспорту;
- оцінювання техніко-експлуатаційної, соціальної та економічної ефективності прийнятих проєктних рішень із визначенням доцільності їх впровадження;
- постійний моніторинг роботи маршрутів, аналіз отриманих результатів та подальше вдосконалення системи перевезень відповідно до змін транспортного попиту й умов функціонування міської транспортної мережі.

Взаємозв'язок основних етапів організації міських автобусних перевезень, а також система показників, що використовуються для оцінювання ефективності функціонування маршрутів і прийнятих організаційних рішень, наведені на рис. 1.1.

Дослідження транспортного попиту та пасажиропотоків є одним із базових етапів проєктування й удосконалення системи міських пасажирських перевезень. Саме результати такого аналізу створюють інформаційну основу для прийняття обґрунтованих рішень щодо розвитку маршрутної мережі, вибору типу рухомого складу, визначення необхідної кількості транспортних засобів і встановлення раціональних режимів їх роботи. Комплексне вивчення транспортного попиту дозволяє оцінити реальні потреби населення у транспортному обслуговуванні, визначити закономірності пересування мешканців міста та виявити проблемні ділянки транспортної мережі, що потребують удосконалення [1, 7].

ЕТАПИ ОРГАНІЗАЦІЇ МІСЬКИХ АВТОБУСНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

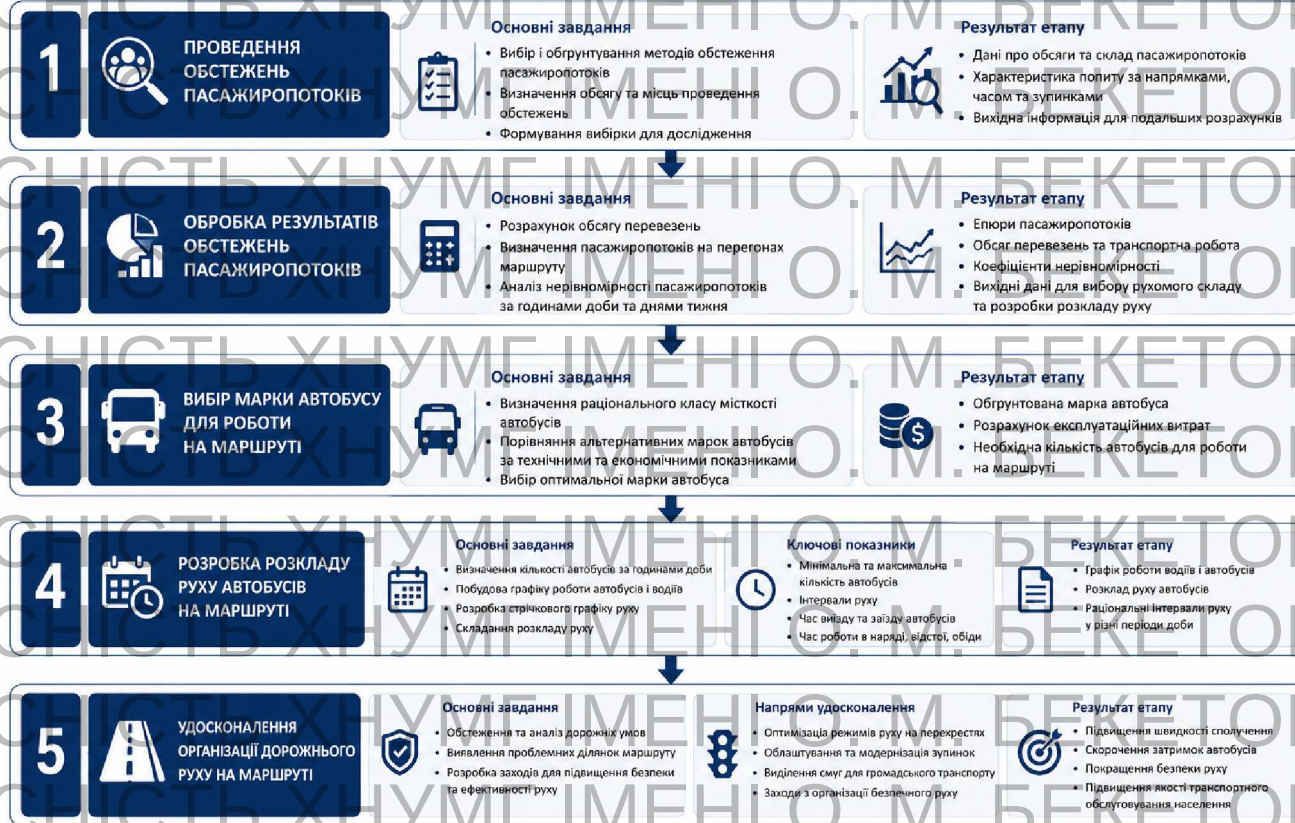


Рисунок 1.1 – Етапи організації міських автобусних перевезень та показники їх оцінювання

Транспортний попит характеризує сукупну потребу населення у здійсненні поїздок між різними функціональними зонами міста протягом певного проміжку часу. Його формування визначається взаємодією численних соціально-економічних, демографічних, просторово-планувальних і транспортно-експлуатаційних чинників. Найбільший вплив на величину транспортного попиту мають чисельність і густота населення, рівень економічної активності, структура забудови міста, розташування житлових масивів, промислових підприємств, навчальних закладів, адміністративних установ, торговельно-розважальних центрів та інших об'єктів тяжіння населення. Крім того, істотне значення мають рівень автомобілізації, доступність громадського транспорту, якість транспортного обслуговування та особливості організації дорожнього руху. У процесі розвитку міської території транспортний попит постійно змінюється як за обсягами, так і за просторовим розподілом, що потребує регулярного оновлення інформації про характер пересувань населення [4, 5].

Одним із найважливіших показників транспортного попиту є пасажиропотік, який характеризує інтенсивність переміщення пасажирів у транспортній системі. Пасажиропотік визначається як кількість пасажирів, що проходить через певний переріз маршруту або транспортної мережі за встановлений проміжок часу. Його величина змінюється залежно від часу доби, дня тижня, сезону року, функціонального призначення території та особливостей роботи окремих маршрутів. Аналіз пасажиропотоків дає можливість визначити найбільш завантажені ділянки маршрутів, оцінити ступінь використання пасажиромісткості транспортних засобів, виявити години пікового навантаження, встановити рівень нерівномірності перевезень і перевірити відповідність існуючої маршрутної мережі фактичним потребам населення [3, 4].

Достовірність результатів аналізу значною мірою залежить від якості вихідної інформації. Для вивчення пасажиропотоків використовують

різноманітні методи збору даних, серед яких найбільш поширеними є натурні обстеження пасажирських перевезень, автоматизовані системи підрахунку пасажирів, дані електронного квитка, інформація GPS-моніторингу транспортних засобів, результати відеофіксації та статистичні матеріали транспортних підприємств. Використання сучасних цифрових технологій дозволяє значно підвищити точність визначення параметрів пасажиропотоків, оперативно виявляти зміни транспортного попиту та своєчасно коригувати організацію перевезень [7].

За результатами дослідження транспортного попиту та пасажиропотоків визначають комплекс кількісних і якісних показників, що характеризують ефективність функціонування міської транспортної системи. До основних із них належать: загальний обсяг перевезених пасажирів, пасажирообіг (транспортна робота), середня дальність поїздки, середня наповненість транспортних засобів, коефіцієнти використання пасажиромісткості, нерівномірність пасажиропотоків за годинами доби, днями тижня та сезонами року, а також показники зміни пасажиропотоків уздовж маршруту. Отримані результати є основою для оптимізації маршрутної мережі, обґрунтування параметрів транспортного обслуговування, підвищення ефективності використання рухомого складу та покращення якості надання транспортних послуг населенню [3, 4].

Розподіл пасажиропотоків упродовж доби має нерівномірний характер і визначається особливостями життєдіяльності населення. Найбільша інтенсивність перевезень спостерігається у ранкові та вечірні години пік, коли значна частина мешканців одночасно здійснює поїздки до місць роботи, навчання, адміністративних установ та інших об'єктів соціальної інфраструктури або повертається додому. У ці часові інтервали транспортна система функціонує в умовах максимального навантаження, що призводить до збільшення наповненості транспортних засобів, зростання часу очікування на зупинках, виникнення затримок руху та підвищення вимог до організації

перевізного процесу. Водночас у міжпікові години та вечірній час інтенсивність пасажирських перевезень істотно зменшується, що створює можливість більш раціонального використання рухомого складу, оптимізації інтервалів руху та зниження експлуатаційних витрат перевізників [2, 7].

Комплексне дослідження транспортного попиту й параметрів пасажиропотоків дозволяє об'єктивно оцінити ефективність функціонування існуючої системи міських пасажирських перевезень. На основі отриманих результатів визначаються рівень завантаження окремих маршрутів, ступінь використання пасажиромісткості транспортних засобів, просторово-часова нерівномірність пасажирських потоків, а також ділянки транспортної мережі, які потребують удосконалення. Такий аналіз є необхідною передумовою для прийняття обґрунтованих управлінських рішень щодо оптимізації маршрутної мережі, коригування розкладів руху, зміни кількості транспортних засобів на маршрутах, удосконалення організації дорожнього руху та підвищення якості транспортного обслуговування населення [6].

Одним із ключових етапів організації міських пасажирських перевезень є формування маршрутної мережі, яка визначає характер транспортних зв'язків між основними районами міста та забезпечує доступність громадського транспорту для населення. Раціонально спроектована маршрутна мережа створює умови для ефективного сполучення житлових районів із місцями прикладання праці, навчальними закладами, медичними установами, торговельними центрами, адміністративними об'єктами та іншими пунктами масового тяжіння пасажирів. Від якості побудови маршрутної мережі значною мірою залежать рівень транспортної мобільності населення, комфортність поїздок, величина витрат часу пасажирів, продуктивність використання рухомого складу та економічна ефективність роботи транспортних підприємств [3, 5, 8].

Основною метою проектування маршрутної мережі є забезпечення максимально повного задоволення транспортного попиту за умови

досягнення оптимального співвідношення між якістю транспортного обслуговування та витратами на організацію перевезень. Для цього маршрути повинні формуватися з урахуванням сучасної містобудівної структури, просторового розміщення житлової забудови, виробничих підприємств, навчальних закладів, об'єктів соціально-культурного призначення, транспортно-пересадочних вузлів і перспектив розвитку міської території. Важливим завданням є забезпечення необхідного рівня транспортної доступності, мінімізація кількості пересадок, скорочення тривалості поїздок та рівномірний розподіл пасажиропотоків між окремими маршрутами. При цьому маршрутна мережа повинна бути достатньо гнучкою, щоб своєчасно адаптуватися до змін транспортного попиту, демографічної ситуації та розвитку міської інфраструктури, забезпечуючи стабільне й ефективне функціонування системи громадського транспорту [2, 7].

Маршрутна мережа міського пасажирського транспорту являє собою впорядковану сукупність маршрутів громадського транспорту, які забезпечують транспортне сполучення між основними функціональними зонами міста та формують єдину систему перевезення пасажирів. До її складу можуть входити маршрути автобусного, тролейбусного, трамвайного транспорту, лінії метрополітену, міської електрички, приміських маршрутів та інших видів транспорту залежно від розмірів міста, рівня розвитку транспортної інфраструктури та особливостей організації перевізного процесу. У сучасних умовах маршрутна мережа розглядається як інтегрована транспортна система, у якій окремі маршрути взаємодіють між собою, забезпечують зручні пересадки, рівномірний розподіл пасажирських потоків та ефективне використання транспортних ресурсів [4, 7].

Рациональне формування маршрутної мережі спрямоване на створення таких умов транспортного обслуговування, за яких більшість поїздок населення здійснюється з мінімальними часовими витратами та достатнім

рівнем комфорту. Одним із головних завдань є забезпечення прямого транспортного сполучення між основними районами міста, скорочення кількості вимушених пересадок, підвищення регулярності руху транспортних засобів і покращення доступності громадського транспорту для всіх категорій населення. Водночас важливого значення набуває раціональне використання вулично-дорожньої мережі, транспортної інфраструктури та рухомого складу, що дозволяє підвищити економічну ефективність функціонування транспортної системи й зменшити експлуатаційні витрати перевізників [1, 3].

Проектування маршрутної мережі здійснюється на основі результатів комплексного транспортного обстеження міста, яке дає можливість отримати об'єктивну інформацію про існуючий стан транспортної системи та перспективи її розвитку. Початковим етапом є всебічний аналіз транспортної інфраструктури, що передбачає дослідження конфігурації вулично-дорожньої мережі, технічного стану автомобільних доріг, пропускної спроможності окремих ділянок, характеристик діючих маршрутів, інтенсивності транспортних потоків, розташування зупиночних пунктів, транспортно-пересадкових вузлів, кінцевих станцій та інших елементів транспортної інфраструктури. Паралельно здійснюється оцінювання експлуатаційних показників роботи громадського транспорту, зокрема регулярності руху, швидкості сполучення, інтервалів руху, рівня використання пасажиромісткості транспортних засобів і якості транспортного обслуговування населення [2, 8].

Важливою складовою процесу проектування є також аналіз соціально-економічних і містобудівних характеристик міста. На цьому етапі досліджуються чисельність та густота населення, особливості його розселення, функціональне зонування території, розташування житлових масивів, промислових підприємств, закладів освіти, охорони здоров'я, адміністративних установ, торговельно-розважальних центрів та інших

об'єктів масового тяжіння населення. Крім оцінки сучасного стану міста, враховуються перспективи розвитку житлової забудови, прогнозовані зміни транспортного попиту, будівництво нових об'єктів інфраструктури та можливі напрями розширення маршрутної мережі. Такий комплексний підхід забезпечує формування транспортної системи, здатної ефективно функціонувати не лише в поточних умовах, а й адаптуватися до майбутніх змін у структурі міського середовища та потреб населення [2, 5].

Після завершення аналізу існуючого стану транспортної системи та містобудівних характеристик наступним етапом є дослідження транспортного попиту населення. На цьому етапі виконують вивчення транспортних кореспонденцій, визначають інтенсивність пасажирських потоків між окремими районами міста, встановлюють закономірності їх просторового й часового розподілу та прогнозують можливі зміни в перспективі. Результати таких досліджень дають можливість оцінити потребу населення у транспортному обслуговуванні, визначити основні напрями пересування пасажирів і сформувати інформаційну базу для подальшого проєктування маршрутної мережі. Крім того, аналіз дозволяє встановити години максимального навантаження, визначити коефіцієнти нерівномірності пасажиропотоків, оцінити перспективи розвитку окремих районів міста та своєчасно врахувати очікуване зростання транспортного попиту. Саме величина й характер розподілу пасажиропотоків є основними критеріями під час вибору напрямків маршрутів, визначення їх провізної спроможності, режимів роботи та необхідної кількості транспортних засобів [1, 3].

Одним із найвідповідальніших етапів проєктування є вибір трас проходження маршрутів громадського транспорту. Конфігурація маршрутів повинна забезпечувати ефективне транспортне сполучення між районами формування та тяжіння пасажиропотоків, охоплюючи найбільш значущі об'єкти міської інфраструктури. При цьому перевага надається використанню магістральних вулиць і доріг, які мають достатню пропускну спроможність,

належний технічний стан і створюють умови для безпечного та регулярного руху транспортних засобів. Важливо також забезпечити оптимальну довжину маршрутів, уникати надмірної звивистості трас, необґрунтованих відхилень від основних транспортних коридорів і дублювання вже існуючих маршрутів.

Надлишкове дублювання призводить до неефективного використання рухомого складу, нерівномірного розподілу пасажиропотоків, збільшення експлуатаційних витрат транспортних підприємств і погіршення економічних показників перевізного процесу [1, 3, 6].

Важливим критерієм ефективності маршрутної мережі є забезпечення належної транспортної доступності для населення. При проектуванні мережі необхідно прагнути до того, щоб більшість мешканців міста могла дістатися найближчої зупинки громадського транспорту за мінімальний час пішохідного підходу. Відстані до зупиночних пунктів повинні відповідати чинним нормативним вимогам з урахуванням типу забудови, щільності населення, вікового складу мешканців і функціонального призначення територій. Високий рівень транспортної доступності сприяє збільшенню частки поїздок громадським транспортом, зменшенню використання індивідуальних автомобілів, скороченню транспортних заторів, підвищенню екологічної безпеки міського середовища та покращенню якості транспортного обслуговування населення [4, 6].

Під час формування маршрутної мережі особливу увагу приділяють вибору раціонального співвідношення між прямими маршрутами та маршрутами, що передбачають здійснення пересадки. Надмірна кількість прямих маршрутів ускладнює структуру транспортної мережі, призводить до дублювання транспортної роботи, зменшення частоти руху транспортних засобів на окремих напрямках і зростання витрат на експлуатацію рухомого складу. З іншого боку, надмірна кількість пересадок збільшує тривалість поїздок, знижує комфортність перевезень і негативно впливає на привабливість громадського транспорту. Саме тому сучасні міські

транспортні системи дедалі частіше будуються за магістрально-підвізним принципом організації перевезень. У такій системі магістральні маршрути забезпечують перевезення основної частини пасажиропотоків між найбільшими транспортними вузлами та районами міста, тоді як підвізні маршрути здійснюють транспортне обслуговування житлових кварталів, периферійних територій та інших локальних зон із подальшою пересадкою пасажирів на магістральні або швидкісні види громадського транспорту. Реалізація такого підходу дозволяє більш рівномірно розподілити пасажирські потоки, підвищити регулярність руху, скоротити експлуатаційні витрати та забезпечити високу ефективність функціонування всієї міської транспортної системи [2, 4].

Одним із найбільш перспективних напрямів розвитку міських транспортних систем є впровадження сучасних методів транспортного моделювання під час проєктування та оптимізації маршрутної мережі. Використання математичних моделей, геоінформаційних технологій і спеціалізованих програмних комплексів дозволяє досліджувати закономірності формування транспортного попиту, прогнозувати зміни пасажиропотоків, оцінювати пропускну спроможність транспортної інфраструктури та аналізувати ефективність різних варіантів організації перевезень. За допомогою транспортного моделювання можна визначити наслідки відкриття нових маршрутів, зміни трас існуючих ліній, введення пересадкових вузлів, будівництва нових житлових кварталів або реконструкції вулично-дорожньої мережі. Попереднє моделювання транспортних процесів дає можливість обґрунтувати проєктні рішення ще до їх практичної реалізації, мінімізувати можливі ризики, уникнути неефективних капіталовкладень та забезпечити раціональний розвиток транспортної системи міста [2, 7].

Після завершення етапу формування маршрутної мережі одним із ключових завдань стає вибір рухомого складу, який найбільш повно

відповідає умовам експлуатації конкретного маршруту. Правильне визначення типу транспортних засобів і їх необхідної кількості безпосередньо впливає на якість транспортного обслуговування населення, ефективність використання матеріально-технічних ресурсів перевізника, величину експлуатаційних витрат та економічні результати функціонування маршруту. Невідповідність пасажиромісткості автобусів фактичним або прогнозованим обсягам перевезень призводить до негативних наслідків: у разі недостатньої місткості виникає переповнення салону, знижується комфортність і безпека поїздок, тоді як використання автобусів із надлишковою пасажиромісткістю за низького рівня завантаження спричиняє нерациональне використання рухомого складу, підвищення витрат пального, збільшення експлуатаційних витрат і зниження економічної ефективності перевезень [1, 8].

Головною метою вибору рухомого складу є забезпечення стабільного та якісного транспортного обслуговування населення шляхом узгодження технічних характеристик автобусів із параметрами транспортного попиту. При цьому необхідно забезпечити оптимальне співвідношення між пасажиромісткістю транспортних засобів, інтервалами руху, кількістю автобусів на маршруті, рівнем комфортності перевезень і витратами на їх експлуатацію. Рационально обраний рухомий склад дозволяє своєчасно освоювати існуючі та прогнозовані пасажиропотоки, підтримувати нормативний рівень наповненості салонів, забезпечувати регулярність руху, підвищувати продуктивність використання транспортних засобів і водночас мінімізувати сукупні витрати як транспортного підприємства, так і пасажирів, пов'язані з організацією перевезень [1, 8].

Вибір типу автобусів здійснюється на основі комплексного аналізу умов функціонування маршруту та особливостей перевізного процесу. Першочергово враховуються величина максимального пасажиропотоку, його нерівномірність за годинами доби, днями тижня та сезонами року, довжина

маршруту, середня дальність поїздки пасажирів, кількість і розташування зупиночних пунктів, режим руху транспортних засобів та експлуатаційна швидкість. Крім цього, аналізуються характеристики вулично-дорожньої мережі, зокрема ширина проїзної частини, геометричні параметри вулиць і перехресть, радіуси поворотів, поздовжні ухили, інтенсивність транспортних потоків, рівень завантаження перехресть, умови виконання маневрів і можливість безпечної експлуатації автобусів різної довжини та місткості. Обов'язково враховуються перспективи містобудівного розвитку, зміни функціонального призначення окремих територій, будівництво нових житлових комплексів, підприємств, закладів освіти та інших об'єктів, які можуть спричинити суттєве зростання транспортного попиту в майбутньому. Такий комплексний підхід забезпечує вибір рухомого складу, який буде ефективним як у поточних умовах експлуатації, так і в довгостроковій перспективі [5, 7, 9].

Одним із головних параметрів, що визначає доцільність використання певного типу рухомого складу, є його пасажиромісткість. Вона повинна відповідати фактичній та прогнозованій інтенсивності пасажиропотоків, насамперед на найбільш завантажених ділянках маршруту в години максимального попиту. Раціональний вибір місткості транспортних засобів забезпечує необхідний рівень провізної спроможності, підтримує нормативну наповненість салону та створює комфортні умови для пасажирів. На маршрутах із високою інтенсивністю перевезень доцільно використовувати автобуси великої або особливо великої місткості, що дозволяє перевозити значні обсяги пасажирів без істотного скорочення інтервалів руху. Для маршрутів із середнім рівнем транспортного попиту найбільш ефективними є автобуси середнього класу, тоді як на напрямках із невеликими пасажиропотоками економічно виправданим є застосування автобусів малого класу, експлуатація яких потребує менших витрат і забезпечує достатній рівень транспортного обслуговування [2, 7].

Оцінювання рухомого складу не обмежується лише визначенням його загальної пасажиромісткості. Важливу роль відіграють конструктивні та ергономічні характеристики транспортних засобів, які безпосередньо впливають на швидкість пасажирообміну, комфортність перевезень і тривалість виконання рейсів. До таких характеристик належать кількість і ширина дверних прорізів, площа накопичувальних майданчиків, співвідношення місць для сидіння та стояння, висота рівня підлоги, можливість безперешкодного доступу для осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення, а також оснащення автобусів сучасними системами кондиціонування, вентиляції, опалення, відеоспостереження, електронного інформування пасажирів і безготівкової оплати проїзду. У міських умовах найбільш доцільним є використання низькопідлогових автобусів із широкими дверима, оскільки вони забезпечують швидку посадку та висадку пасажирів, скорочують час перебування транспортного засобу на зупинках і сприяють підвищенню швидкості сполучення на маршруті [3, 7].

Під час вибору моделі автобуса обов'язково враховують його техніко-економічні показники, які визначають ефективність експлуатації протягом усього строку служби. Комплексне оцінювання охоплює витрати пального або енергії, періодичність і вартість технічного обслуговування, ремонтпридатність, ресурс основних вузлів і агрегатів, надійність роботи, відповідність сучасним екологічним стандартам, рівень шкідливих викидів, а також сукупну вартість життєвого циклу транспортного засобу. Особливого значення в сучасних умовах набуває впровадження автобусів із екологічно чистими силовими установками, зокрема електробусів, гібридних автобусів і транспортних засобів, що працюють на альтернативних видах палива. Використання такого рухомого складу сприяє зменшенню негативного впливу транспорту на довкілля, скороченню експлуатаційних витрат та підвищенню енергетичної ефективності міських пасажирських перевезень [2, 7].

Після обґрунтування типу рухомого складу виконують визначення необхідної кількості транспортних засобів, що забезпечуватимуть стабільну роботу маршруту. Розрахунок базується на аналізі максимального пасажиропотоку у години пік, номінальної пасажиромісткості автобуса, тривалості оборотного рейсу, експлуатаційної швидкості, встановлених інтервалів руху та режиму роботи маршруту протягом доби. Крім того, враховуються резерв транспортних засобів, можливі затримки руху, сезонні коливання попиту та перспективи його зміни. Правильно визначена кількість автобусів дозволяє забезпечити регулярність руху, дотримання затвердженого розкладу, перевезення всіх пасажирів без перевищення нормативного рівня заповнення салону, а також досягти раціонального використання рухомого складу й мінімізувати експлуатаційні витрати транспортного підприємства [2, 3].

Визначення необхідної кількості транспортних засобів на маршруті нерозривно пов'язане з експлуатаційною швидкістю їх руху. Зі зменшенням швидкості сполучення, яке може бути спричинене виникненням транспортних заторів, значною кількістю регульованих перехресть, високою інтенсивністю транспортних потоків або незадовільним станом дорожньої інфраструктури, збільшується тривалість виконання оборотного рейсу. За незмінних інтервалів руху це обумовлює необхідність залучення додаткових автобусів для забезпечення стабільної роботи маршруту. Саме тому під час розрахунку потреби в рухомому складі до уваги беруть не лише нормативні параметри експлуатації, а й фактичні умови дорожнього руху в різні періоди доби, сезонні коливання інтенсивності транспортних потоків, можливі затримки на перехрестях і зупиночних пунктах, а також вплив інших факторів, що визначають швидкість руху транспортних засобів [4, 5].

Одним із основних критеріїв оцінювання ефективності використання рухомого складу є коефіцієнт використання пасажиромісткості транспортних засобів. Цей показник характеризує ступінь завантаження автобусів у процесі

експлуатації та дозволяє оцінити відповідність їхньої провізної спроможності фактичному транспортному попиту. Оптимальне значення коефіцієнта повинно забезпечувати комфортні умови поїздки для пасажирів, достатній резерв провізної спроможності в години пікового навантаження та економічно ефективне використання рухомого складу. Надмірно високий рівень заповнення салону призводить до погіршення умов перевезення, збільшення часу посадки й висадки пасажирів, зростання тривалості простоїв на зупинках, зниження швидкості сполучення та підвищення ймовірності відмов у посадці через переповнення автобусів. Водночас недостатній рівень використання пасажиромісткості свідчить про надлишкову провізну спроможність, що супроводжується збільшенням експлуатаційних витрат, зниженням продуктивності рухомого складу та погіршенням економічних показників роботи перевізника [7, 9].

У сучасних умовах планування міських пасажирських перевезень дедалі ширше застосовуються методи математичного моделювання, багатокритеріальної оптимізації та цифрового аналізу транспортних процесів. Використання спеціалізованих програмних комплексів дозволяє досліджувати різні сценарії організації перевезень, прогнозувати рівень завантаження транспортних засобів, оцінювати наслідки зміни інтервалів руху, пасажиромісткості автобусів, конфігурації маршрутної мережі або режимів роботи маршрутів. Крім того, моделювання дає можливість визначити оптимальне поєднання кількості автобусів, їх місткості та параметрів розкладу руху з урахуванням мінімізації сумарних витрат перевізників і пасажирів. Застосування сучасних методів оптимізації сприяє підвищенню ефективності використання транспортних ресурсів, покращенню якості транспортного обслуговування населення та прийняттю економічно обґрунтованих управлінських рішень [3, 7].

Після визначення оптимального типу та необхідної кількості транспортних засобів переходять до розроблення розкладу руху, який є

завершальним етапом організації перевізного процесу. Саме розклад визначає порядок роботи автобусів на маршруті, час виконання рейсів, інтервали руху, режими випуску та повернення транспортних засобів до автотранспортного підприємства. Від правильності його складання значною мірою залежать регулярність перевезень, надійність транспортного обслуговування населення, рівень задоволеності пасажирів, ефективність використання рухомого складу, продуктивність праці водіїв і загальні техніко-економічні показники роботи перевізника. Рационально розроблений розклад забезпечує рівномірний розподіл автобусів протягом усього періоду роботи маршруту, узгоджує обсяги транспортної пропозиції зі змінами пасажиропотоків у різні години доби та створює необхідні умови для своєчасного й безпечного перевезення пасажирів із дотриманням установлених інтервалів руху [2, 3].

Основним призначенням розкладу руху є забезпечення безперебійного, регулярного та прогнозованого транспортного обслуговування населення відповідно до фактичного транспортного попиту. Рационально сформований розклад повинен мінімізувати витрати часу пасажирів на очікування транспортного засобу, забезпечувати рівномірне перевезення пасажирів протягом усього періоду роботи маршруту та водночас створювати умови для ефективного використання наявного рухомого складу. Крім цього, розклад має гарантувати виконання запланованої кількості рейсів, дотримання нормативних інтервалів руху, своєчасне прибуття автобусів до контрольних пунктів і стабільність функціонування маршруту навіть за умов змін інтенсивності транспортних потоків або інших експлуатаційних факторів. Важливим завданням є також забезпечення узгодженої роботи транспортних засобів із режимом функціонування міської транспортної системи загалом та іншими маршрутами громадського транспорту [2, 4, 6].

Розроблення розкладу руху ґрунтується на комплексному аналізі значної кількості експлуатаційних, технічних і соціально-економічних

факторів. Передусім враховуються результати дослідження пасажиропотоків, характер їх просторово-часового розподілу, параметри маршруту, тривалість оборотного рейсу, технічні характеристики автобусів, експлуатаційна швидкість руху, особливості організації дорожнього руху та умови функціонування вулично-дорожньої мережі. Додатково аналізуються режими роботи промислових підприємств, закладів освіти, адміністративних установ, медичних закладів, торговельно-розважальних центрів та інших об'єктів, що формують основні пасажирські потоки. Важливе значення мають також добові, тижневі та сезонні коливання транспортного попиту, що потребують адаптації режимів роботи маршрутів до зміни потреб населення. У зв'язку з цим на практиці застосовують диференційовані графіки руху, які передбачають різну кількість автобусів і різні інтервали руху в години пік, міжпікові періоди, вечірній час, вихідні та святкові дні [1, 2, 6].

Одним із ключових показників, що визначає якість транспортного обслуговування, є інтервал руху автобусів. Він характеризує проміжок часу між послідовним проходженням транспортних засобів через певний зупиночний пункт і безпосередньо впливає на тривалість очікування пасажирів. Величина інтервалу визначається комплексом взаємопов'язаних факторів, серед яких основними є інтенсивність пасажиропотоків, пасажиромісткість автобусів, кількість транспортних засобів, що працюють на маршруті, тривалість оборотного рейсу, експлуатаційна швидкість руху та умови дорожнього руху. У періоди максимального транспортного навантаження інтервали руху скорочують, що дозволяє збільшити провізну спроможність маршруту, підтримувати нормативний рівень заповнення салонів і зменшити час очікування пасажирів. У міжпікові години, коли інтенсивність пасажирських перевезень знижується, інтервали можуть бути збільшені без погіршення якості транспортного обслуговування. Такий підхід забезпечує більш раціональне використання рухомого складу, сприяє

скороченню експлуатаційних витрат транспортних підприємств і підвищує загальну ефективність організації перевізного процесу [1, 4, 5].

Під час розроблення розкладу руху особливу увагу приділяють забезпеченню рівномірного випуску автобусів на маршрут із кінцевих зупиночних пунктів. Дотримання встановлених часових інтервалів між відправленнями є необхідною умовою стабільного функціонування маршруту та підтримання належної якості транспортного обслуговування. Будь-які відхилення від запланованого графіка можуть спричинити нерівномірний розподіл транспортних засобів уздовж маршруту, що негативно впливає на регулярність перевезень і ефективність використання рухомого складу. Одним із найбільш поширених наслідків порушення графіка є явище групування автобусів, за якого декілька транспортних засобів починають рухатися практично одночасно або з дуже малим часовим інтервалом. У такій ситуації перший автобус зазвичай перевозить максимальну кількість пасажирів і працює з перевищенням оптимального рівня заповнення салону, тоді як наступні автобуси рухаються зі значно меншим завантаженням. Це призводить до нерівномірного використання провізної спроможності, погіршення комфортності поїздок, збільшення часу очікування пасажирів на зупинках і зниження загальної ефективності організації перевезень. Для запобігання таким явищам здійснюється постійний диспетчерський контроль за виконанням розкладу, оперативне регулювання інтервалів руху та коригування роботи автобусів у разі виникнення відхилень від графіка [1, 2, 7].

Ефективність роботи маршрутів міського пасажирського транспорту значною мірою визначається рівнем організації дорожнього руху. Комплекс заходів у цій сфері спрямований на створення умов для безпечного, безперервного та регулярного руху автобусів, підвищення швидкості сполучення, скорочення тривалості поїздок і забезпечення стабільного виконання затверджених розкладів руху. Рациональна організація дорожнього

руху дозволяє зменшити негативний вплив транспортних заторів, скоротити непродуктивні простой транспортних засобів, підвищити пропускну спроможність вулично-дорожньої мережі та покращити загальну ефективність функціонування системи міських пасажирських перевезень. Водночас підвищується рівень безпеки дорожнього руху як для водіїв автобусів і пасажирів, так і для інших учасників транспортного процесу [3, 4].

Одним із найефективніших способів підвищення конкурентоспроможності громадського транспорту є надання йому пріоритету в дорожньому русі. Реалізація такого підходу передбачає впровадження комплексу організаційних і технічних заходів, спрямованих на скорочення затримок автобусів та підвищення регулярності їх роботи. До найбільш поширених рішень належать облаштування спеціальних або виділених смуг для руху громадського транспорту, організація окремих смуг на найбільш завантажених магістралях, застосування пріоритетного проїзду регульованих перехресть, використання адаптивних систем світлофорного регулювання, які автоматично змінюють тривалість сигналів залежно від наближення транспортних засобів громадського транспорту, а також впровадження сучасних інтелектуальних транспортних систем. Використання таких заходів сприяє підвищенню експлуатаційної швидкості автобусів, скороченню часу поїздки, покращенню дотримання розкладу руху, підвищенню привабливості громадського транспорту для населення та більш ефективному використанню міської транспортної інфраструктури [11, 12].

Одним із ключових напрямів удосконалення організації дорожнього руху на маршрутах громадського транспорту є раціональне налаштування режимів світлофорного регулювання. Від тривалості світлофорного циклу, послідовності фаз та їх координації значною мірою залежить швидкість сполучення автобусів, регулярність їх руху та величина затримок на перехрестях. Недосконалі режими роботи світлофорних об'єктів можуть

суттєво збільшувати тривалість рейсів, порушувати виконання розкладу руху й негативно впливати на якість транспортного обслуговування населення, особливо на магістральних вулицях із високою інтенсивністю транспортних потоків. З цієї причини під час організації міських пасажирських перевезень здійснюють комплексне дослідження роботи регульованих перехресть, аналізують інтенсивність транспортних і пішохідних потоків, визначають оптимальні параметри світлофорних циклів, узгоджують режими роботи суміжних світлофорних об'єктів та впроваджують сучасні адаптивні системи керування дорожнім рухом. Такі системи забезпечують автоматичне коригування тривалості фаз світлофорного регулювання відповідно до поточної транспортної ситуації, що дозволяє скоротити затримки транспортних засобів, підвищити пропускну спроможність перехресть і забезпечити більш стабільний рух автобусів на маршрутах [11, 12].

Важливою складовою ефективного функціонування міського пасажирського транспорту є диспетчерське управління перевізним процесом. Його основне призначення полягає в оперативному контролі роботи рухомого складу, координації виконання затверджених графіків руху та своєчасному реагуванні на будь-які зміни транспортної обстановки. За умов високої інтенсивності дорожнього руху, виникнення заторів, дорожньо-транспортних пригод, несприятливих погодних умов або інших непередбачуваних факторів диспетчерські служби забезпечують безперервне управління перевезеннями в режимі реального часу. Завдяки використанню сучасних систем супутникового позиціонування, засобів цифрового зв'язку, автоматизованих диспетчерських комплексів і програмного забезпечення для моніторингу транспортних засобів стає можливим постійне відстеження їх місцезнаходження, оперативний аналіз експлуатаційної ситуації та швидке прийняття управлінських рішень, спрямованих на підтримання стабільної роботи маршрутів [11, 12].

Головною метою диспетчерського управління є забезпечення стійкого функціонування маршрутної мережі шляхом постійного контролю за дотриманням встановленого режиму роботи транспортних засобів. Досягнення цієї мети передбачає підтримання рівномірних інтервалів руху, своєчасне виконання рейсів, мінімізацію відхилень від розкладу та оперативне усунення наслідків порушень транспортного процесу. У результаті забезпечується підвищення регулярності перевезень, скорочення часу очікування пасажирів, більш ефективне використання рухомого складу та покращення якості транспортного обслуговування населення [11, 12].

Функціональні обов'язки диспетчерської служби охоплюють широкий спектр організаційних і контрольних заходів, необхідних для підтримання безперервності перевізного процесу. До них належать контроль своєчасного випуску автобусів на маршрути, безперервний моніторинг їх місцезнаходження та технічного стану, перевірка дотримання графіків руху, координація дій водіїв у разі виникнення нестандартних ситуацій, оперативне регулювання інтервалів руху, введення в експлуатацію резервного рухомого складу, інформування водіїв про зміни дорожньої обстановки, надання актуальної інформації пасажирам, а також систематичний аналіз техніко-експлуатаційних показників роботи маршрутів. Комплексне виконання цих функцій забезпечує своєчасне реагування на будь-які відхилення від запланованого режиму роботи, сприяє підвищенню надійності міських пасажирських перевезень, зменшенню негативного впливу випадкових факторів та покращенню загальної ефективності функціонування транспортної системи міста [11, 12].

1.2 Розрахунок пасажиропотоків та транспортної роботи

Одним із основних показників, що характеризує масштаби транспортної роботи міського автобусного маршруту, є пасажиропотік. Він відображає

інтенсивність переміщення пасажирів окремими ділянками маршруту протягом визначеного проміжку часу та є базовою характеристикою під час організації перевізного процесу. Саме величина пасажиропотоку визначає потребу в провізній спроможності маршруту, впливає на вибір типу й пасажиромісткості рухомого складу, обґрунтування необхідної кількості автобусів, встановлення інтервалів руху та розроблення раціонального розкладу. Крім того, результати визначення пасажиропотоків використовують для оцінювання рівня використання транспортних засобів, прогнозування змін транспортного попиту та прийняття рішень щодо вдосконалення організації міських пасажирських перевезень.

Визначення величини пасажиропотоків здійснюється на основі аналізу результатів натурних обстежень або інших джерел інформації про обсяги перевезень. Для розрахунку значень пасажиропотоків за окремими періодами роботи маршруту використовується така розрахункова залежність:

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

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

$Q_{\text{pi}}, Q_{\text{zi}}$ - 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:

$$F_{1-2} = 373 \text{ пас./год.}$$

Потужність потоку пасажирів на перегоні з номером 2 – 3:

$$F_{2-3} = 373 + 68 - 9 = 432 \text{ пас./год.}$$

Результати розрахунку для інших перегонів маршруту наведено у табл.

1.1 та представлено на рис. 1.1.

Таблиця 1.1 – Пасажиропотоки на перегонах маршруту

Прямий напрямок				Зворотний напрямок			
Перегін	Довжина перегону, км	Величина пасажиропотоку, пас./год	Транспортна робота, пас.-км	Перегін	Довжина перегону, км	Величина пасажиропотоку, пас./год	Транспортна робота, пас.-км
1-2	0,88	373	328,2	10-9	1,22	345	420,9
2-3	0,92	432	397,4	9-8	0,97	386	374,4
3-4	1,04	464	482,6	8-7	1,06	396	419,8
4-5	1,08	485	523,8	7-6	0,96	395	379,2
5-6	0,92	489	449,9	6-5	0,92	401	368,9
6-7	0,96	481	461,8	5-4	1,08	395	426,6
7-8	1,06	467	495,0	4-3	1,04	380	395,2
8-9	0,97	438	424,9	3-2	0,92	373	343,2
9-10	1,22	386	470,9	2-1	0,88	334	293,9
Усього	9,05	4015	4034,5	Усього	9,05	3405	3422,1

Аналізуючи табл. 1.1 визначаємо максимальний пасажиропотік:

$$F_{\max} = \max\{373; 432; 464; 485; 489; 481; 467; 438; 386; \dots 334\} = 489 \text{ пас./год.}$$

Така величина пасажиропотоку наявна на перегоні 5-6 маршруту.

Розраховуємо обсяг перевезень:

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

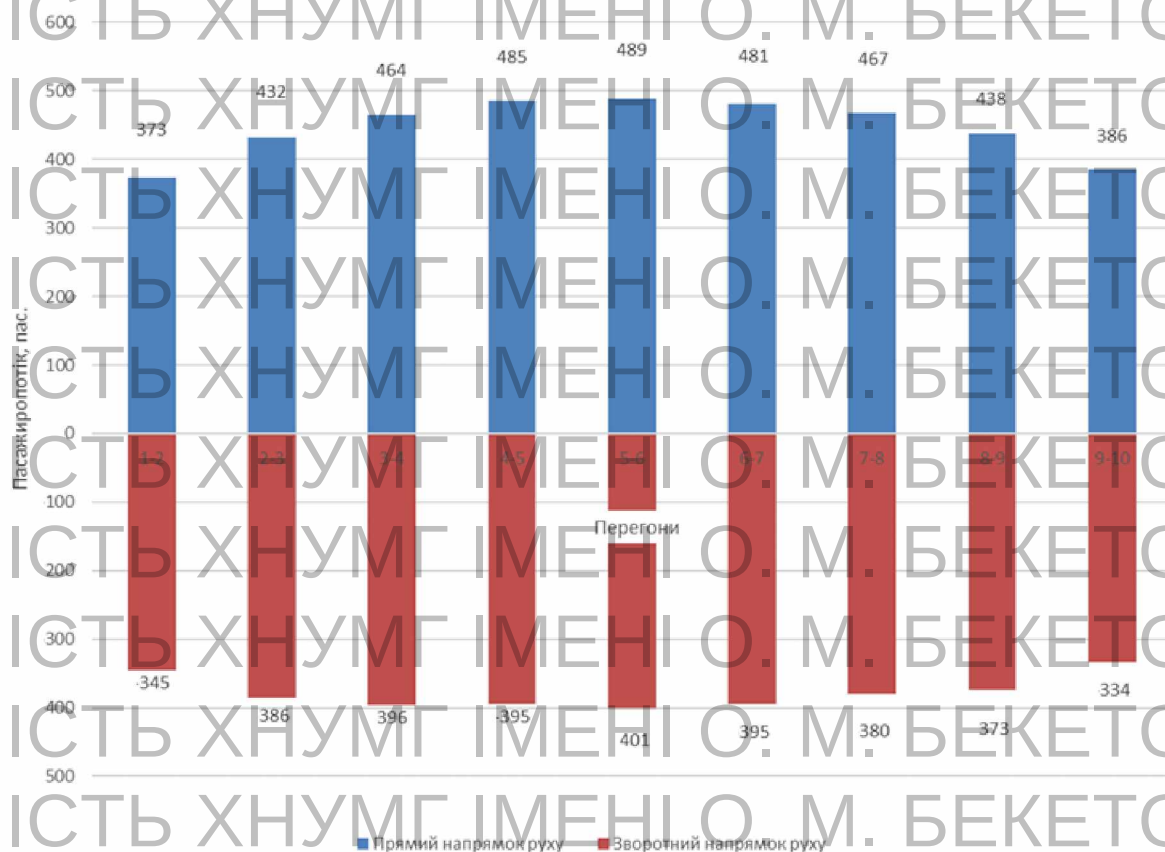


Рисунок 1.2 – Пасажиропотоки на перегонах маршруту

Прямий напрямок:

$$Q = 373 + 68 + 49 + 54 + 42 + 37 + 28 + 22 + 10 = 683 \text{ пас.}$$

Зворотний напрямок:

$$Q = 345 + 50 + 42 + 38 + 27 + 24 + 26 + 21 + 4 = 577 \text{ пас.}$$

Сумарний обсяг перевезень:

$$Q = 683 + 577 = 1260 \text{ пас.}$$

Визначаємо транспортну роботу:

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

де l_{i-j} - довжина перегону, км.

На перегоні 1–2:

$$W_{1-2} = 0,88 \cdot 373 = 328,2 \text{ пас. км.}$$

Результати розрахунку для інших перегонів наведені у табл. 1.1.

Прямий напрямок:

$$W = 328,2 + 397,4 + 482,6 + 523,8 + 449,9 + 461,8 + 495,0 + 424,9 + \\ + 470,9 = 4034,5 \text{ пас. км.}$$

Зворотний напрямок:

$$W = 420,9 + 374,4 + 419,8 + 379,2 + 368,9 + 426,6 + 395,2 + 343,2 + \\ + 293,9 = 3422,1 \text{ пас. км.}$$

Сумарна транспортна робота:

$$W = 4034,5 + 3422,1 = 7456,6 \text{ пас. км.}$$

Далі виконуємо завдання щодо вибору марки автобусу для здійснення перевезень.

1.3 Вибір марки автобусу для здійснення перевезень

За результатами проведених розрахунків встановлено, що максимальна інтенсивність пасажиропотоку на досліджуваному автобусному маршруті становить 489 пас./год. Отримане значення характеризує найбільш завантажену ділянку маршруту в годину пік і є визначальним показником під час вибору типу рухомого складу та обґрунтування його провізної спроможності. Саме на основі максимального пасажиропотоку визначаються необхідна пасажиромісткість автобусів, їх кількість на маршруті та подальші параметри організації перевізного процесу.

Відповідно до існуючих рекомендацій щодо вибору рухомого складу залежно від величини пасажиропотоків, для перевезення 489 пас./год найбільш доцільним є використання автобусів середнього класу пасажиромісткості [4]. Застосування транспортних засобів цієї категорії забезпечує необхідну провізну спроможність маршруту, дозволяє підтримувати нормативний рівень заповнення салону в години максимального навантаження та водночас запобігає нерациональному використанню автобусів більшої місткості. Такий підхід сприяє підвищенню якості транспортного обслуговування населення, покращенню комфортності перевезень і зниженню експлуатаційних витрат перевізника.

З урахуванням отриманих результатів для подальшого техніко-економічного обґрунтування вибору рухомого складу як альтернативні варіанти розглядаються автобуси Богдан А30251 та Etalon А08128. Зазначені моделі належать до середнього класу, відповідають вимогам міських пасажирських перевезень і мають близькі показники провізної спроможності. Їх порівняльний аналіз виконуватиметься за сукупністю технічних, експлуатаційних та економічних характеристик, зокрема за пасажиромісткістю, габаритними параметрами, витратами на експлуатацію, паливною економічністю, продуктивністю роботи та іншими показниками,

що впливають на ефективність використання автобусів на досліджуваному маршруті. Основні технічні й експлуатаційні характеристики зазначених моделей наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Технічні й експлуатаційні характеристики автобусів

Показник	Богдан А30251	Etalon А08128
Тарифна ставка водіїв, грн./год	198,33	198,33
Відрахування на соціальне страхування, %	37,5	37,5
Витрати палива, л/100 км	21	22
Експлуатаційна швидкість, км/год	20	20
Вартість палива, грн./л	82,35	82,35
Норма відрахувань на мастильні матеріали, %	10,2	10,2
Норма відрахувань на ТО та ремонт, грн./1000 км	3784	3952
Кількість коліс автобусу, од.	6	6
Вартість автомобільної шини, грн.	4632	4632
Норма відрахувань на відновлення шин, %	3	3
Експлуатаційний пробіг шин, км	70000	70000
Кількість днів роботи маршруту у році, дн.	365	365
Час в наряді автобусів, год	8	8
Норма відрахувань на амортизацію, %	40	40
Балансова вартість автобусів, грн.	2730000	3120000
Тарифна ставка управлінського персоналу, грн/год.	207,16	207,16
Накладні витрати, %	20	20

Для економічного обґрунтування вибору рухомого складу виконується оцінювання експлуатаційних витрат автобусів різних марок у розрахунку на одну годину роботи на маршруті:

$$З_{\text{год}} = 3П_{\text{в}} + B_{\text{п}} + B_{\text{м}} + B_{\text{ТОіР}} + B_{\text{ш}} + B_{\text{а}} + B_{\text{уп}} + B_{\text{н}}, \quad (1.4)$$

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

$B_{\text{п}}$ – витрати на паливо, грн./год;

$B_{\text{м}}$ – витрати на мастильні матеріали, грн./год;

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

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

$B_{\text{а}}$ – амортизаційні відрахування, грн./год;

$B_{\text{уп}}$ – витрати на заробітну платню управлінського персоналу, грн./год;

$B_{\text{н}}$ – накладні витрати, грн./год.

Проводимо розрахунку складових витрат для автобусів Богдан А30251.

Витрати на заробітну платню водія:

$$3П_{\text{в}} = Г_{\text{тс}} \cdot \left(1 + \frac{C_{\text{сп}}}{100} \right), \quad (1.5)$$

де $Г_{\text{тс}}$ – годинна тарифна ставка водія, грн./год;

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

$$3П_{\text{в}} = 198,33 \cdot \left(1 + \frac{37,5}{100} \right) = 272,70 \text{ грн.}$$

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.

$$B_n = \frac{21 \cdot 20 \cdot 82,35}{100} = 345,87 \text{ грн.}$$

Витрати на мастильні матеріали:

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

де C_m – норматив відрахувань на мастильні матеріали, %.

$$B_m = \frac{345,87 \cdot 10,2}{100} = 35,28 \text{ грн.}$$

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.

$$B_{\text{Топ}} = \frac{3784 \cdot 20}{1000} = 75,68 \text{ грн.}$$

Витрати на шини:

$$B_{\text{ш}} = \frac{n_{\text{ш}} \cdot B_{\text{ш}} \cdot H_{\text{ш}} \cdot L_{\text{е}}}{100 \cdot 1000 \cdot D_{\text{р}} \cdot T_{\text{н}}}, \quad (1.9)$$

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

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

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

$L_{\text{е}}$ – експлуатаційний пробіг шин, км;

$D_{\text{р}}$ – календарні дні роботи на маршруті, дн.;

$T_{\text{н}}$ – середній час перебування автобусу в наряді.

$$B_{\text{ш}} = \frac{6 \cdot 4632 \cdot 3 \cdot 70000}{100 \cdot 1000 \cdot 365 \cdot 8} = 19,99 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію транспортних засобів:

$$B_{\text{а}} = \frac{H_{\text{а}} \cdot Ц_{\text{б}}}{100 \cdot D_{\text{р}} \cdot T_{\text{н}}}, \quad (1.10)$$

де $H_{\text{а}}$ – норма відрахувань на амортизацію, %;

$Ц_{\text{б}}$ – балансова вартість автобусу, грн.

$$B_{\text{а}} = \frac{40 \cdot 2730000}{100 \cdot 365 \cdot 8} = 373,97 \text{ грн.}$$

Витрати на заробітну платню управлінського персоналу:

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

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

$$B_{yn} = 207,16 \cdot (1 + 37,5/100) = 284,85 \text{ грн.}$$

Накладні витрати:

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

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

$$B_n = \frac{(272,70 + 345,87 + 35,28 + 75,68 + 19,99 + 373,97 + 284,85) \cdot 20}{100} = 281,67 \text{ грн.}$$

Годинні експлуатаційні витрати автобусів Богдан А30251 дорівнюють:

$$З_{год} = 272,70 + 345,87 + 35,28 + 75,68 + 19,99 + 373,97 + 284,85 + 281,67 = 1690,00 \text{ грн.}$$

Аналогічно виконано розрахунки для автобусів Etalon А08128. (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Експлуатаційні витрати автобусів

Стаття витрат	Марка автобуса	
	Богдан А30251	Etalon А08128
Витрати на заробітну платню водія, грн./год	272,70	272,70
Витрати на паливо, грн./год	345,87	362,34
Витрати на мастильні матеріали, грн./год	35,28	36,96
Витрати на технічне обслуговування та ремонт автобусу, грн./год	75,68	79,04
Витрати на шини, грн./год	19,99	19,99
Витрати на амортизацію автобусу, грн./год	373,97	427,40
Витрати на заробітну платню управлінського персоналу, грн./год	284,85	284,85
Накладні витрати, грн./год	281,67	296,65
Експлуатаційні витрати, грн./год	1690,00	1779,93

Аналіз отриманих результатів показав, що найбільш економічно доцільним варіантом є використання автобусів Богдан А30251. Цей автобус характеризується найменшими експлуатаційними витратами, величина яких становить 1690,00 грн. Це свідчать про економічну перевагу застосування автобусів цієї марки на маршруті.

1.4 Розрахунок експлуатаційних показників перевезень

На першому етапі визначаємо час оберту автобусів:

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

де t_m - довжина маршруту, км;

V_e - експлуатаційна швидкість, км/год.

$$t_{об} = \frac{2 \cdot 9,0}{20} = 0,91 \text{ год} = 54 \text{ хв.}$$

Розраховуємо потрібну кількість автобусів:

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

де q_n - номінальна місткість автобусу, пас.

$$A = \frac{489 \cdot 0,9}{68} = 7 \text{ од.}$$

Визначаємо інтервал руху:

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

$$I_{пл} = \frac{54}{7} = 7,8 \text{ хв.}$$

Визначаємо середню відстань поїздки пасажирів на маршруті:

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

Прямий напрямок:

$$l_{cp} = \frac{4034,5}{683} = 5,91 \text{ км.}$$

Зворотний напрямок:

$$l_{cp} = \frac{3422,1}{577} = 5,93 \text{ км.}$$

Визначаємо динамічний коефіцієнт використання місткості автобусів:

$$\gamma_d = \frac{t_{об} W}{L_m q_n A}. \quad (1.17)$$

У прямому напрямку:

$$\gamma_d = \frac{0,91 \cdot 4034,5}{9,05 \cdot 68 \cdot 7} = 0,848.$$

У зворотному напрямку:

$$\gamma_d = \frac{0,91 \cdot 3422,1}{9,05 \cdot 68 \cdot 7} = 0,719.$$

Розраховуємо статичний коефіцієнт використання місткості автобусу:

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

де n - кількість перегонів на маршруті, од.

Для прямого напрямку:

$$\gamma_c = \frac{0,91 \cdot 4015}{9 \cdot 7 \cdot 68} = 0,848.$$

У зворотному напрямку:

$$\gamma_c = \frac{0,91 \cdot 3405}{9 \cdot 7 \cdot 68} = 0,719.$$

Розраховуємо коефіцієнт змінюваності пасажирів:

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

Для прямого напрямку:

$$\eta = \frac{9,1}{5,91} \times \frac{0,848}{0,848} = 1,53.$$

Для зворотного:

$$\eta = \frac{9,1}{5,93} \times \frac{0,719}{0,719} = 1,53.$$

Проведені розрахунки зводимо до табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Експлуатаційні показники

№ п/п	Показники	Напрямок руху	
		прямий	зворотний
		1260	
1	Обсяг перевезень, пас.	683	577
2	Довжина маршруту, км	9,1	
3	Експлуатаційна швидкість, км/год	20	
4	Час оберту, хв.	54	
5	Пасажиromісткість автобусів, пас.	68	
6	Марка автобусів	Богдан А30251	
7	Максимальний пасажиропотік, пас/год	489	
8	Потрібна кількість автобусів, од.	7	
9	Плановий інтервал, хв.	7,8	
10	Транспортна робота, пас. км	7456,6	
11	Середня відстань поїздки пасажирів, км	4034,5	3422,1
		5,91	5,93
12	Динамічний коефіцієнт використання пасажиромісткості	0,848	0,719
13	Статичний коефіцієнт використання пасажиромісткості	0,848	0,719
14	Коефіцієнт змінюваності	1,53	1,53

1.5 Прогнозування обсягів перевезень

Для оцінювання перспективної зміни обсягів пасажирських перевезень виконано прогнозування із застосуванням Microsoft Excel. Використання інструментів аналізу часових рядів дало змогу спрогнозувати майбутні значення пасажиропотоку на основі накопичених статистичних даних та визначити тенденції його подальшої зміни. Отримані прогнозні показники є основою для обґрунтування параметрів організації перевезень, вибору рухомого складу та планування режимів роботи маршруту. Результати прогнозування наведено в табл. 1.5, а відповідну графічну залежність представлено на рис. 1.3.

Таблиця 1.5 – Статистика обсягів перевезень та прогноз

Місяць	Обсяг перевезень, пас.			
	2023	2024	2025	2026
Січень	257548	287557	323187	311143
Лютий	258047	260944	249463	283752
Березень	245307	275680	293638	298161
Квітень	267790	261583	287682	285342
Травень	269039	274303	269431	298049
Червень	265292	300905	326190	314105
Липень	246806	251378	258520	279642
Серпень	228820	245463	274332	268279
Вересень	260296	295238	295571	308830
Жовтень	268289	255442	265917	292694
Листопад	256299	282154	282768	300488
Грудень	273785	268296	284647	310339
Сума	3097319	3258942	3411345	3550824



Рисунок 1.3 – Графік прогнозованих обсягів перевезень

За результатами прогнозування встановлено, що у 2026 році прогнозний обсяг перевезень становитиме на 139478 пасажирів (4,09 %) більше, ніж у попередньому році. Така позитивна динаміка свідчить про

поступове зростання попиту на послуги міського пасажирського транспорту та підтверджує доцільність подальшого вдосконалення організації перевезень і забезпечення достатньої провізної спроможності маршрутної мережі.

1.6 Висновки по розділу

1. У результаті проведеного аналізу пасажиропотоків на міському автобусному маршруті визначено основні характеристики транспортного попиту. Встановлено, що максимальна потужність пасажиропотоку становить 489 пас./год та спостерігається на перегоні 5–6, а загальний обсяг перевезень у годину пік дорівнює 1260 пас.. Загальна транспортна робота на маршруті становить 7456,6 пас.-км, що характеризує інтенсивність використання маршруту та є основою для подальших розрахунків.

2. На підставі отриманих результатів виконано вибір рухомого складу та проведено порівняльну оцінку експлуатаційних витрат двох альтернативних моделей автобусів. За критерієм мінімальних експлуатаційних витрат найбільш доцільним для використання на маршруті визначено автобус Богдан А30251, сумарні експлуатаційні витрати якого становлять 1690,00 грн/год, що менше порівняно з альтернативним варіантом.

3. Розрахунок експлуатаційних показників показав, що для забезпечення якісного транспортного обслуговування необхідно використовувати 7 автобусів із плановим інтервалом руху 7,8 хв. Визначені коефіцієнти використання пасажиромісткості та змінюваності пасажирів свідчать про достатньо ефективне використання рухомого складу та відповідність його провізної спроможності існуючому попиту.

4. За результатами прогнозування перспективних обсягів перевезень встановлено, що у 2026 році очікується збільшення річного обсягу перевезень до 3 550 824 пасажирів, що на 139 478 пасажирів (4,09 %) більше порівняно з 2025 роком. Отримані результати підтверджують тенденцію до

зростання транспортного попиту та свідчать про необхідність подальшого вдосконалення організації перевезень, забезпечення достатньої провізної спроможності маршруту й урахування прогнозованого збільшення пасажиропотоків під час планування роботи міського автобусного транспорту.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА РОЗКЛАДУ РУХУ

2.1 Визначення потрібної кількості автобусів

Визначаємо пасажиропотоки в різні періоди часу:

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

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

$F_{\text{пк}}$ - пасажиропотік у годину пік (максимальний пасажиропотік);

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

У період 6:00 - 7:00:

$$F_{6:00-7:00} = 489 \cdot 0,42 = 205 \text{ пас./год.}$$

В інші періоди результати розрахунку зведені у табл. 2.1.

Потрібну кількість автобусів визначаємо за залежністю:

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

У період 6:00 - 7:00:

$$A_{6:00-7:00} = \frac{205 \cdot 0,91}{68} = 3 \text{ од.}$$

Таблиця 2.1 – Потрібна кількість автобусів та інтервали руху

Час доби	Коефіцієнт нерівномірності	Величина пасажиропотоку, пас./год	Потрібна кількість автобусів, од.	Скорегована кількість автобусів, од.	Інтервал руху на маршруті, хв.
6:00 - 7:00	0,42	205	3	3	18,1
7:00 - 8:00	0,89	435	6	6	9,1
8:00 - 9:00	1	489	7	7	7,8
9:00 - 10:00	0,92	450	6	6	9,1
10:00 - 11:00	0,65	318	5	5	10,9
11:00 - 12:00	0,44	215	3	3	18,1
12:00 - 13:00	0,39	191	3	3	18,1
13:00 - 14:00	0,41	200	3	3	18,1
14:00 - 15:00	0,59	289	4	4	13,6
15:00 - 16:00	0,63	308	5	5	10,9
16:00 - 17:00	0,95	465	7	7	7,8
17:00 - 18:00	0,88	430	6	6	9,1
18:00 - 19:00	0,68	333	5	5	10,9
19:00 - 20:00	0,42	205	3	3	18,1
20:00 - 21:00	0,39	191	3	3	18,1
21:00 - 22:00	0,36	176	3	3	18,1
22:00 - 23:00	0,24	117	2	3	18,1
23:00 - 00:00	0,19	93	2	3	18,1

Для інших періодів часу роботи результати розрахунків занесено до табл. 2.1.

Максимальну кількість автобусів визначаємо за формулою:

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

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

K_o - коефіцієнт дефіциту.

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

Мінімальну кількість автобусів визначаємо так:

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

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

$$A_{\text{min}} = \frac{54}{20} = 3 \text{ од.}$$

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

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

Після визначення мінімальної та максимальної потреби в рухомому складі здійснюється уточнення кількості автобусів, що потрібні для роботи маршруту в різні періоди доби. Скориговані результати розрахунків наведено в табл. 2.1. На основі отриманих даних побудовано графічні залежності, що відображають зміну величини пасажиропотоку протягом доби (рис. 2.1) та відповідну потребу в автобусах для забезпечення перевезень (рис. 2.2). Це дозволяє наочно оцінити взаємозв'язок між коливаннями транспортного попиту та необхідною кількістю рухомого складу.

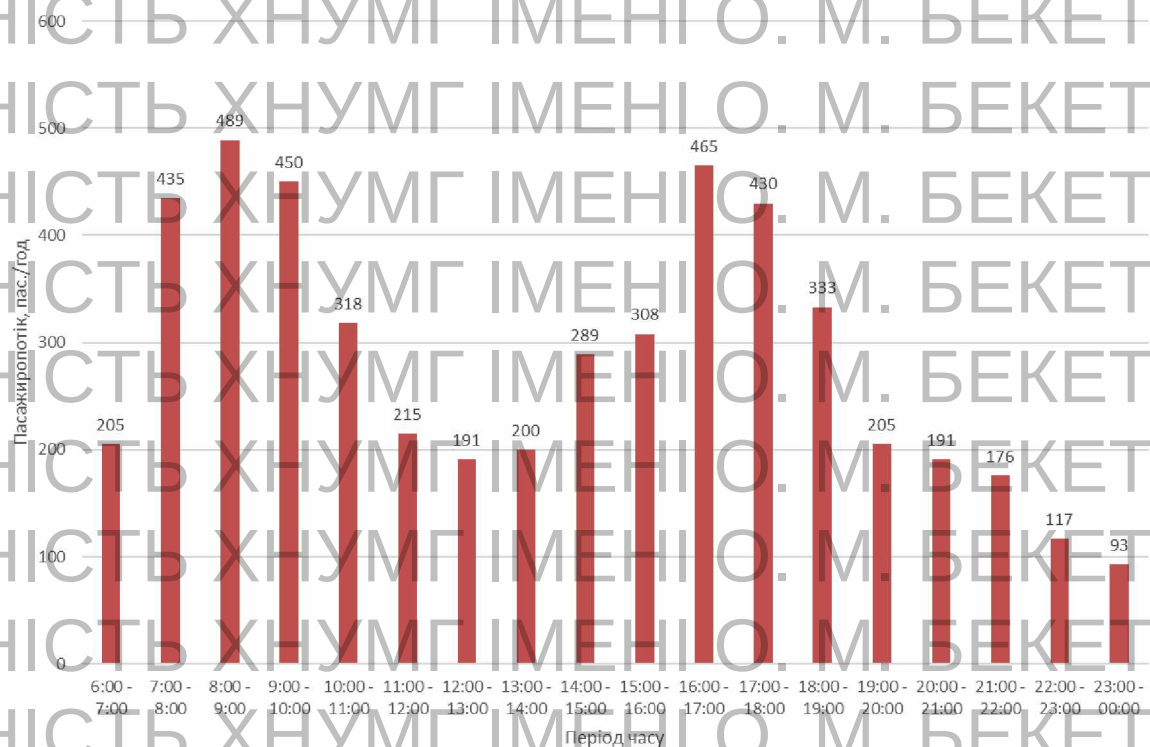


Рисунок 2.1 - Діаграма зміни пасажиропотоку

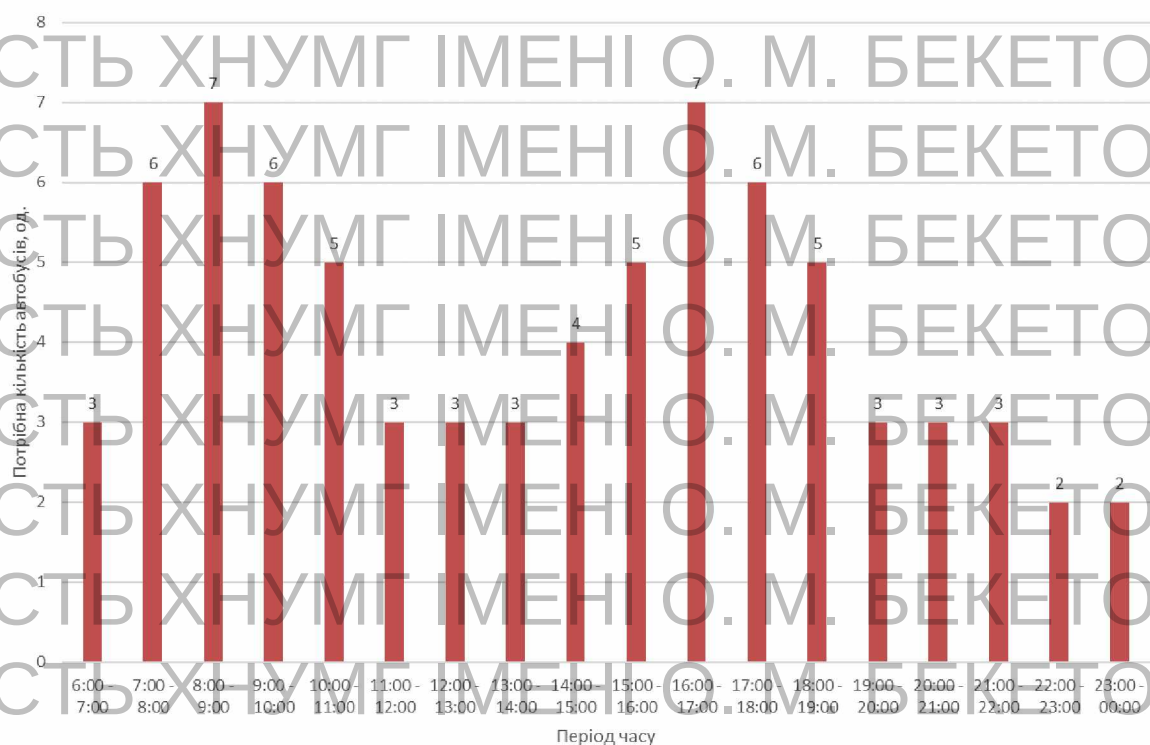


Рисунок 2.2 - Діаграма зміни кількості автобусів

2.2 Розробка графіку роботи водіїв і автобусів

Розроблення графіка роботи водіїв і рухомого складу здійснюється відповідно до чинних нормативних вимог та методичних рекомендацій. Під час його формування враховуються режим роботи маршруту, тривалість змін, вимоги до праці та відпочинку водіїв, а також необхідність забезпечення безперебійного транспортного обслуговування пасажирів. Складений графік роботи водіїв і автобусів наведено на рис. 2.3.

Розраховуємо коефіцієнт ефективності для графіку:

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

де AG_{nom} – автомобіле-години потрібні;

AG_{nob} – автомобіле-години побудовані.

$$K_{ef} = \frac{82}{78} = 0,951.$$

Таке значення коефіцієнту ефективності є задовільним оскільки відповідає умові $0,9 \leq K_{ef} \leq 1,0$.

2.3 Розробка розкладу руху автобусів на маршруті

Розраховуємо інтервали руху автобусів у різний період часу:

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

У період 6:00 - 7:00:

$$I_{6:00-7:00} = \frac{54}{3} = 18,1 \text{ хв.}$$

Для інших періодів результати розрахунку наведені у табл. 2.2.

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	6	7	7	5	3	3	3	4
Інтервал руху, хв.	18,1	9,1	7,8	7,8	10,9	18,1	18,1	18,1	13,6
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	3	3	3	3	3
Інтервал руху, хв.	10,9	7,8	7,8	7,8	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1

На основі розрахованих інтервалів руху виконуємо побудову стрічкового графіка руху автобусів. Побудований стрічковий графік наведено на рис. 2.4. За його результатами формується маршрутний розклад руху автобусів, що містить час відправлення та прибуття транспортних засобів на кінцеві зупинки (табл. 2.3). На підставі складеного розкладу визначаються моменти виїзду кожного автобуса з автотранспортного підприємства, необхідні для своєчасного початку роботи на маршруті:

$$t_{виїзд} = t_{сіднрК31} - t_0, \quad (2.7)$$

Випуски

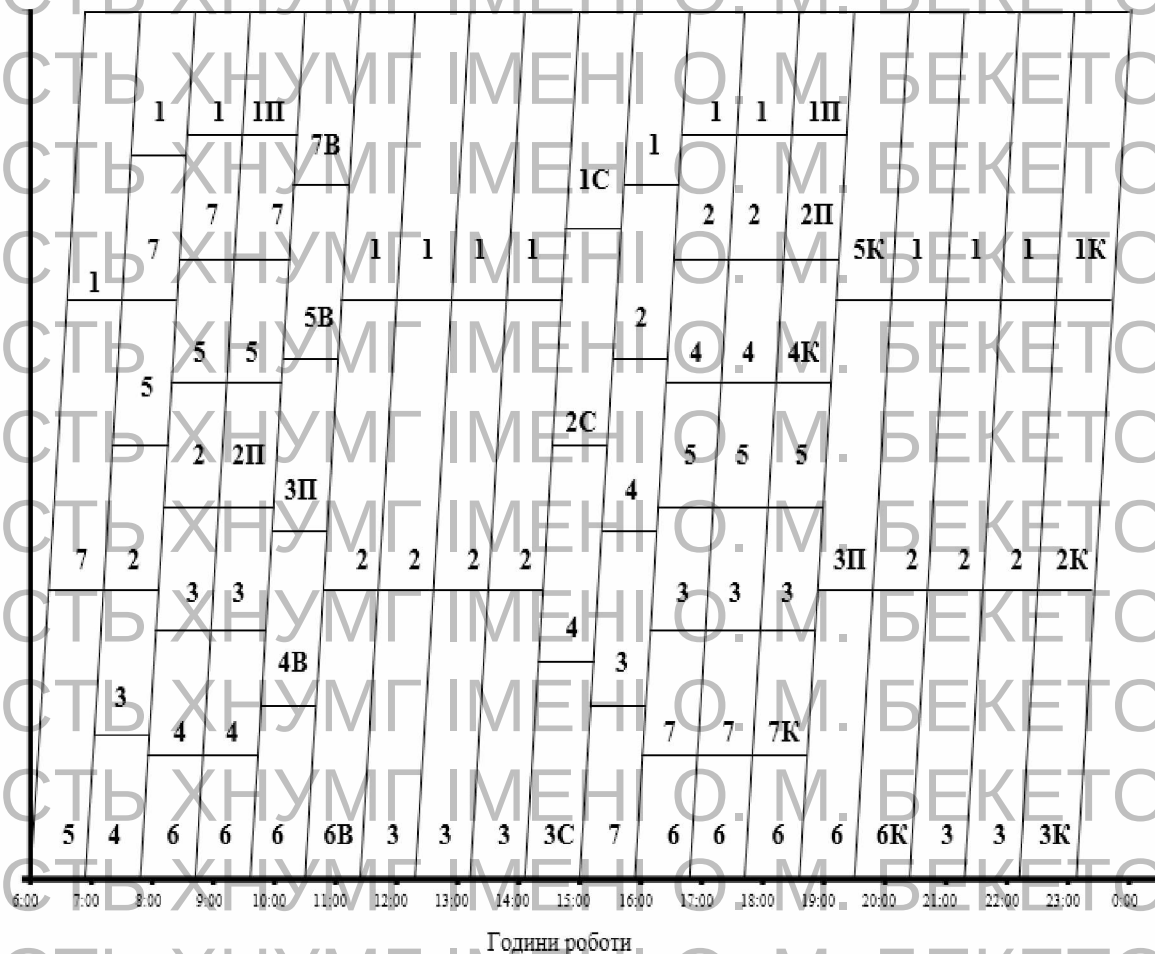


Рисунок 2.4 - Стрічковий графік руху автобусів

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
6:36	7:03	7:12	7:39	7:03	7:30	6:54	7:21	6:00	6:27	7:48	8:15	6:18	6:45
7:39	8:06	8:11	8:38	8:03	8:30	7:55	8:22	7:21	7:48	8:42	9:09	7:30	7:57
8:34	9:01	9:05	9:32	8:57	9:24	8:49	9:16	8:18	8:45	9:36	10:03	8:26	8:53
9:28	9:55	9:59	П	9:57	10:24	9:46	10:13	9:12	9:39	10:30	10:57	9:20	9:47
10:22	П	10:48	11:15	10:51	П	10:40	В	10:08	10:35	11:24	В	10:19	10:46
11:06	11:33	11:42	12:09	11:24	11:51	14:19	14:46	11:02	В	15:54	16:21	11:13	В
12:00	12:27	12:36	13:03	12:18	12:45	15:21	15:48	16:17	16:44	16:48	17:15	15:00	15:27
12:54	13:21	13:30	13:57	13:12	13:39	16:24	16:51	17:11	17:38	17:42	18:09	16:01	16:28
13:48	14:15	14:33	15:00	14:06	14:33	17:18	17:45	18:05	18:32	18:36	19:03	16:55	17:22
14:46	15:13	15:27	С	15:00	С	18:12	18:39	19:12	19:39	19:30	19:57	17:49	18:16
15:40	С	15:32	15:59	15:10	15:37	19:06	К	20:06	К	20:24	К	18:43	К
15:43	16:10	16:32	16:59	16:09	16:36								
16:40	17:07	17:26	17:53	17:03	17:30								
17:34	18:01	18:20	18:47	17:57	18:24								
18:28	18:55	19:14	П	18:54	19:21								
19:22	П	19:48	20:15	19:48	П								
20:06	20:33	20:42	21:09	20:24	20:51								
21:00	21:27	21:36	22:03	21:18	21:45								
21:54	22:21	22:30	22:57	22:12	22:39								
22:48	23:15	23:24	К	23:06	К								
23:42	К												

де $t_{\text{відпр}K31}$ - час відправлення випуску в перший оберт;

t_0 - час здійснення нульового пробігу.

Визначаємо час заїзду кожного випуску до АТП:

$$t_{\text{заїзд}} = t_{\text{приб}K31} + t_0, \quad (2.8)$$

де $t_{\text{приб}K31}$ - час прибуття автобусу до кінцевої зупинки після здійснення останнього оберт.

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.

$$t_0 = \frac{2,7 \cdot 60}{26} = 10 \text{ хв.}$$

Для першого випуску:

$$t_{\text{виїзд}} = 6:36 - 0:06 = 6:30 \text{ год,}$$

$$t_{\text{заїзд}} = 23:42 + 0:06 = 23:48 \text{ год.}$$

Результати розрахунків для інших випусків наведені у табл. 2.4.

Визначаємо час перебування автобусів у наряді:

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

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

Для першого випуску:

$$T_{n1} = 23:48 - 6:30 - (0:43 + 0:43) = 15:50 \text{ год.}$$

Для інших випусків отримані результати розрахунку наведено у табл.

2.4.

Таблиця 2.4 – Складові часу роботи автобусів та водіїв

Номер випуску			1	2	3	4	5	6	7
Час виїзду з АТП			6:30	7:06	6:57	6:48	5:54	7:42	6:12
Час заїзду в АТП			23:48	23:30	23:12	19:12	20:12	20:30	18:49
Час перерви або відстою	1-зміна		0:43	0:48	0:32	3:38	5:14	4:30	3:46
	2-зміна		0:43	0:33	0:36				
Час роботи на маршруті	1-зміна (до відстою)	до перерви	3:46	2:47	3:48	3:46	5:02	3:36	4:55
		після перерви	4:34	4:39	3:36				
	2-зміна (після відстою)	до перерви	3:39	3:15	4:37	4:47	3:48	4:30	3:43
		після перерви	3:36	3:36	2:42				
Час в наряді транспортного засобу			15:50	15:01	15:06	8:46	9:03	8:18	8:50
Кількість обертів			17	16	16	9	9	8	9

Отже, розроблений розклад забезпечує дотримання вимог до режимів праці водіїв.

2.4 Висновки по розділу

1. У результаті виконаних розрахунків визначено потребу в автобусах для забезпечення перевезень у різні години роботи маршруту з урахуванням нерівномірності пасажиропотоків. Встановлено, що максимальна потреба в рухомому складі спостерігається у години найбільшого попиту та становить 7 автобусів, тоді як у періоди зниження інтенсивності перевезень для забезпечення нормативного інтервалу руху достатньо 3 автобусів. Це дало змогу адаптувати роботу маршруту до реального попиту та забезпечити раціональне використання рухомого складу.

2. На підставі розрахованої потреби в автобусах розроблено графік роботи водіїв і транспортних засобів. Розрахований коефіцієнт ефективності побудованого графіка становить 0,951, що відповідає нормативним вимогам та підтверджує його придатність для практичного використання. Запропонований графік забезпечує узгодження режимів роботи автобусів із добовими коливаннями пасажиропотоку та сприяє ефективному використанню трудових і матеріальних ресурсів.

3. Для кожного періоду роботи маршруту визначено інтервали руху автобусів та сформовано маршрутний розклад. У години максимального пасажиропотоку інтервал руху становить 7,8 хв, тоді як у міжпікові періоди він збільшується до 18,1 хв, що відповідає зміні транспортного попиту та забезпечує необхідний рівень транспортного обслуговування пасажирів.

4. Також визначено час виїзду та заїзду автобусів до автотранспортного підприємства, тривалість перебування транспортних засобів у наряді, кількість виконаних обертів і час технологічних перерв. Отримані результати свідчать, що розроблений розклад руху забезпечує безперервне функціонування маршруту протягом усього періоду роботи, раціональний розподіл рухомого складу за годинами доби та створює умови для якісного й ефективного транспортного обслуговування населення.

РОЗДІЛ 3

ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ МАРШРУТУ

3.1 Інтенсивності руху транспорту та пішоходів

На першому етапі виконується розроблення графічної моделі перехрестя, на якій відображаються всі транспортні та пішохідні напрямки руху. Для кожного з них наносяться фактичні значення інтенсивності руху транспортних засобів і пішоходів. Така схема дає можливість визначити рівень завантаженості окремих підходів до перехрестя, встановити напрямки з найбільшою інтенсивністю руху та оцінити особливості взаємодії транспортних і пішохідних потоків. Побудовану схему досліджуваного перехрестя наведено на рис. 3.1.

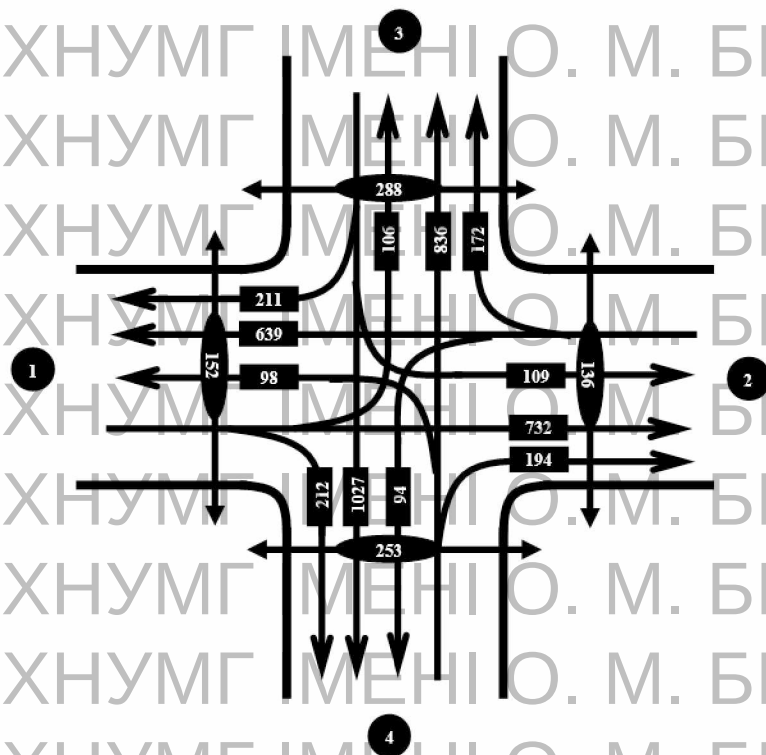


Рисунок 3.1 – Інтенсивність руху транспорту та пішоходів

3.2 Інженерне облаштування перехрестя

Для забезпечення належного рівня безпеки дорожнього руху та впорядкування руху транспортних і пішохідних потоків перехрестя оснащується необхідним комплексом технічних засобів. До їх складу входять дорожні знаки, дорожня розмітка, світлофори та інші елементи, що регламентують порядок проїзду транспортних засобів і переходу пішоходів.

Запропоновану схему розміщення наведено на рис. 3.2.

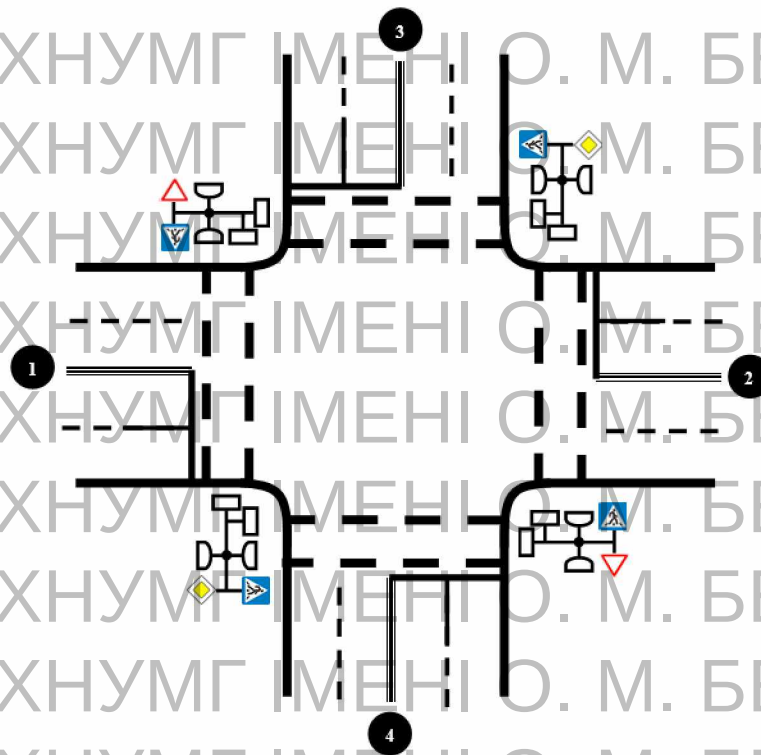


Рисунок 3.2 – Схема інженерного облаштування перехрестя

Отже, впровадження запропонованої схеми інженерного облаштування перехрестя сприятиме підвищенню безпеки та впорядкуванню дорожнього руху.

Далі переходимо до формування схеми пофазного роз'їзду.

3.3 Формування схеми пофазного роз'їзду

Для забезпечення належного рівня безпеки дорожнього руху, зменшення кількості конфліктних ситуацій та впорядкування руху транспортних засобів і пішоходів на досліджуваному перехресті передбачено застосування світлофорного регулювання. Його використання дозволяє здійснювати часовий розподіл транспортних і пішохідних потоків, які перетинаються, шляхом послідовного надання права руху окремим групам учасників дорожнього руху відповідно до встановленої послідовності фаз. Такий принцип організації руху забезпечує безконфліктний пропуск транспортних засобів і пішоходів, підвищує пропускну спроможність перехрестя та сприяє скороченню транспортних затримок.

Аналіз геометричних параметрів досліджуваного перехрестя, інтенсивності транспортних і пішохідних потоків, а також структури транспортного руху показав, що найбільш раціональним рішенням є застосування двофазного режиму світлофорного регулювання. Така схема забезпечує ефективний почерговий пропуск відповідних транспортних потоків і безпечний рух пішоходів без необхідності введення додаткових фаз, що дозволяє скоротити тривалість світлофорного циклу, зменшити середні затримки транспортних засобів та підвищити ефективність функціонування перехрестя. Запропоновану схему пофазного роз'їзду наведено на рис. 3.3 та 3.4.

Після формування схеми пофазного роз'їзду виконується визначення основних параметрів світлофорного регулювання. На цьому етапі проводять розрахунок тривалості циклу, фаз регулювання та відповідних основних та проміжних тактів, що забезпечують безпечний і ефективний пропуск транспортних та пішохідних потоків через перехрестя.

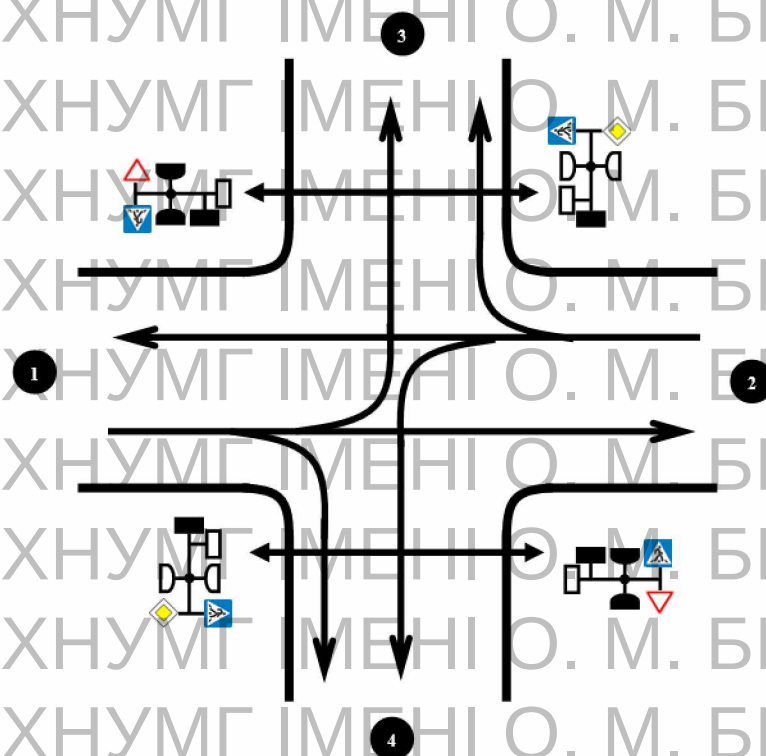


Рисунок 3.3 – Перша фаза регулювання

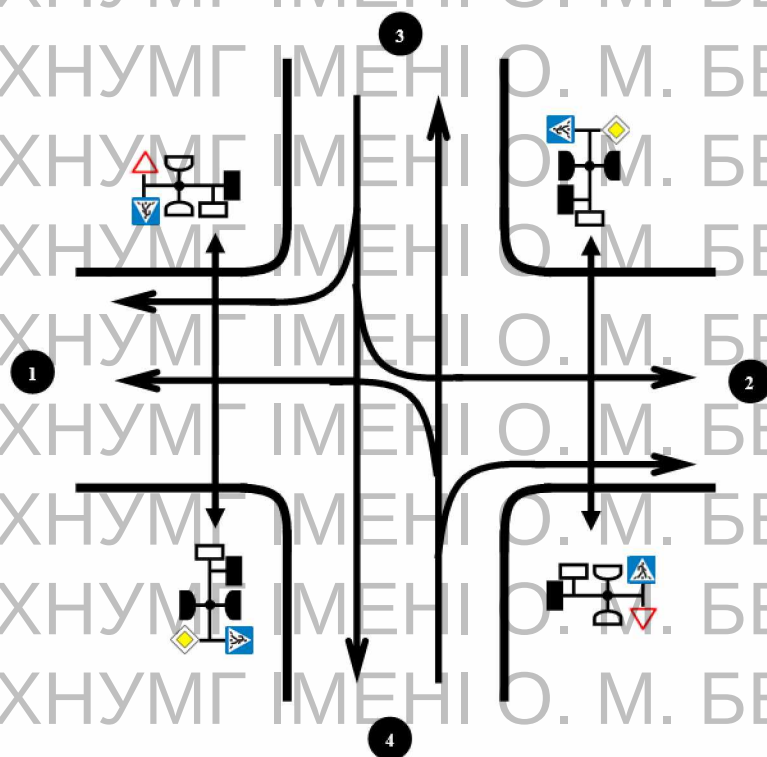


Рисунок 3.4 – Друга фаза регулювання

3.4 Розрахунок параметрів циклу світлофорного регулювання

Розрахунок параметрів циклу світлофорного регулювання починаємо з визначення потоків насичення:

$$M_{\text{нп}} = 525 B_{\text{пч}} K_i K_R K_C, \quad (3.1)$$

$B_{\text{пч}}$ — ширина дороги на підході до перехрестя, м;

K_R , K_i , K_C — коефіцієнти зменшення потоку насичення через вплив поперечного ухилу, радіусу кривизни поворотних потоків, склад транспортного потоку.

Коефіцієнт K_C розраховуємо наступним чином:

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

де a , b , c — відсоток автомобілів, що рухаються прямо, повертають ліворуч та праворуч, %.

$$M_{\text{н1}(1-2, 1-3, 1-4)} = 525 \cdot 6,6 \cdot (100 / (69,7 + 1,75 \cdot 10,1 + 1,25 \cdot 20,2)) = 3077 \text{ авт./год.}$$

$$M_{\text{н1}(2-1, 2-3, 2-4)} = 525 \cdot 6,6 \cdot (100 / (70,6 + 1,75 \cdot 10,4 + 1,25 \cdot 19,0)) = 3079 \text{ авт./год.}$$

$$M_{\text{н2}(3-1, 3-2, 3-4)} = 525 \cdot 6,6 \cdot (100 / (76,2 + 1,75 \cdot 8,1 + 1,25 \cdot 15,7)) = 3150 \text{ авт./год.}$$

$$M_{\text{н2}(4-1, 4-2, 4-3)} = 525 \cdot 6,6 \cdot (100 / (74,1 + 1,75 \cdot 8,7 + 1,25 \cdot 17,2)) = 3127 \text{ авт./год.}$$

Далі розраховуємо фазові коефіцієнти:

$$Y_{ij} = \frac{N_{np\ ij}}{M_{H\ ij}}, \quad (3.3)$$

де $N_{np\ ij}$ – інтенсивність транспортного потоку, що здійснює руху в j -ому напрямку i -ої фази регулювання, авт./год.

$$Y_{1\ (1-2,\ 1-3,\ 1-4)} = 1050/3077 = 0,341.$$

$$Y_{1\ (2-1,\ 2-3,\ 2-4)} = 905/3079 = 0,294.$$

$$Y_{2\ (3-1,\ 3-2,\ 3-4)} = 1347/3150 = 0,428.$$

$$Y_{2\ (4-1,\ 4-2,\ 4-3)} = 1128/3127 = 0,361.$$

Розрахункові значення фазових коефіцієнтів визначаються за максимальним значенням коефіцієнта серед транспортних потоків, що обслуговуються в межах кожної фази світлофорного регулювання. Для першої фази розрахункове значення фазового коефіцієнта становить 0,341, тоді як для другої фази воно дорівнює 0,428. Виходячи з цих даних складаємо табл. 3.1.

Розраховуємо час проміжного такту:

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

де V_a – швидкість руху автомобіля при проїзді перехрестя, км/год;

a_i – середнє сповільнення автомобіля, м/с²;

l_j – відстань між стоп-лінією та самою дальньою конфліктною точкою перетинання транспортних потоків при зміні фаз регулювання, м;

l_a – середня довжина автомобіля, м.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку потоків насичення та фазових коефіцієнтів

Світлофорна фаза	1		2	
Підхід перехрестя	1	2	3	4
Інтенсивність транспортного потоку, авт./год	1050	905	1347	1128
Потік насичення, авт./год	3077	3079	3150	3127
Фазові коефіцієнти	0,341	0,294	0,428	0,361
Розрахункові фазові коефіцієнти	0,341		0,428	

Визначаємо тривалість проміжних тактів:

$$t_n = \frac{43}{7,2 \cdot 4} + \frac{3,6 \cdot (12,8 + 5,6)}{43} = 4 \text{ с.}$$

Розраховуємо тривалість циклу:

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

де T_n – сума проміжних тактів, с;

Y – сума розрахункових фазових коефіцієнтів.

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

де k — кількість фаз регулювання у циклі.

$$T_n = 4 + 4 = 8 \text{ с.}$$

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

$$Y = 0,341 + 0,428 = 0,769.$$

$$T_y = \frac{1,5 \cdot 8 + 5}{1 - 0,769} = 74 \text{ с.}$$

Розраховуємо час переходу пішоходами дороги:

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

де $V_{пш}$ — швидкість пішохідного руху, м/с.

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

$$t_{nu(3,4)} = \frac{13,2}{1,3} + 5 = 15 \text{ с.}$$

Визначаємо час основних тактів:

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

$$t_{o1} = \frac{(74 - 8) \cdot 0,341}{0,769} = 29 \text{ с.}$$

$$t_{o2} = \frac{(74 - 8) \cdot 0,428}{0,769} = 37 \text{ с.}$$

Визначаємо середню затримку 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 для j -ого напрямку руху, 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 основного такту до циклу світлофорного регулювання.

$$\lambda = \frac{t_{oi}}{T_y}. \quad (3.12)$$

$$\lambda_1 = 29/74 = 0,392; \lambda_2 = 37/74 = 0,500.$$

Розраховуємо ступінь насичення напрямків:

$$X_j = \frac{N_j T_{ij}}{M_{ij} t_{oj}}. \quad (3.13)$$

$$X_{1(1-2, 1-3, 1-4)} = \frac{1050 \cdot 74}{3077 \cdot 29} = 0,871.$$

$$X_{1(2-1, 2-3, 2-4)} = \frac{905 \cdot 74}{3079 \cdot 29} = 0,750.$$

$$X_{2(3-1, 3-2, 3-4)} = \frac{1347 \cdot 74}{3150 \cdot 37} = 0,855.$$

$$X_{2(4-1, 4-2, 4-3)} = \frac{1128 \cdot 74}{3127 \cdot 37} = 0,722.$$

Середня затримка автомобілів у напрямках 1-2, 1-3 та 1-4 дорівнює:

$$t_{\Delta Pj(1-2, 1-3, 1-4)} = 0,9 \cdot \left[\frac{74 \cdot (1 - 0,392)^2}{2 \cdot (1 - 0,392 \cdot 0,871)} + \frac{0,871^2}{2 \cdot 1050 \cdot (1 - 0,871)} \right] = 18,70 \text{ с.}$$

Результати розрахунків затримок для інших напрямків представлено у табл. 3.2.

Середня затримка на перехресті складає:

$$\overline{t_{\Delta P}^{**}} = \frac{18,70 \cdot 1050 + 17,44 \cdot 905 + 14,54 \cdot 1347 + 13,02 \cdot 1128}{1050 + 905 + 1347 + 1128} = 15,73 \text{ с.}$$

Аналогічні розрахунки проводимо для існуючого циклу регулювання (табл. 3.3).

Таблиця 3.2 – Параметри світлофорного регулювання та затримки руху (запропонований цикл)

Номер фази регулювання	1		2	
Номер підходу	1	2	3	4
Час основного такту, с	29		37	
Час проміжного такту, с	4		4	
Час циклу регулювання, с	74			
Потік насичення, авт./год	3077	3079	3150	3127
Інтенсивність транспортного потоку, авт./год	1050	905	1347	1128
Відношення часу основного такту до часу циклу	0,392	0,392	0,500	0,500
Ступінь насичення напрямків	0,871	0,750	0,855	0,722
Затримка руху, с.	18,70	17,44	14,54	13,02
Середня затримка, с	15,73			

Таблиця 3.3 – Параметри світлофорного регулювання та затримки руху (існуючий цикл)

Номер фази регулювання	1		2	
Номер підходу	1	2	3	4
Час основного такту, с	33		40	
Час проміжного такту, с	4		4	
Час циклу регулювання, с	81			
Потік насичення, авт./год	3077	3079	3150	3127
Інтенсивність транспортного потоку, авт./год	1050	905	1347	1128
Відношення часу основного такту до часу циклу	0,407	0,407	0,494	0,494
Ступінь насичення напрямків	0,838	0,721	0,866	0,731
Затримка руху, с.	19,43	18,13	16,32	14,61
Середня затримка, с	16,99			

Визначасмо зміну середньої затримки руху:

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

$$\Delta \bar{t} = 16,99 - 15,73 = 1,26 \text{ с.}$$

Отже, порівняльна оцінка існуючого та запропонованого режимів світлофорного регулювання підтвердила ефективність запропонованих заходів. Впровадження розрахованих параметрів циклу світлофорного регулювання забезпечує скорочення середньої затримки транспортних засобів на 1,26 с, що сприяє підвищенню пропускної спроможності перехрестя, покращенню умов руху транспортних засобів і пішоходів та підвищенню ефективності організації дорожнього руху.

3.5 Висновки по розділу

1. Проаналізовано умови організації дорожнього руху на досліджуваному перехресті міського автобусного маршруту. На основі дослідження інтенсивності транспортних і пішохідних потоків розроблено схему інженерного облаштування перехрестя із застосуванням комплексу технічних засобів організації дорожнього руху, що забезпечують підвищення рівня безпеки та впорядкування руху транспорту та пішоходів.
2. За результатами аналізу структури транспортних потоків обґрунтовано доцільність застосування двофазного режиму світлофорного регулювання.
3. У результаті розрахунку параметрів світлофорного регулювання визначено потоки насичення, фазові коефіцієнти, тривалість проміжних і основних тактів, а також оптимальні параметри циклу регулювання.

Встановлено, що оптимальна тривалість світлофорного циклу становить 74 с, при цьому тривалість основних тактів складає 29 с і 37 с, а середньозважена затримка транспортних засобів на перехресті дорівнює 15,73 с.

4. Порівняльна оцінка існуючого та запропонованого режимів світлофорного регулювання підтвердила ефективність запропонованих заходів. Впровадження розрахованих параметрів циклу світлофорного регулювання забезпечує скорочення середньої затримки транспортних засобів на 1,26 с, що сприяє підвищенню пропускної спроможності перехрестя, покращенню умов руху транспортних засобів і пішоходів та підвищенню ефективності організації дорожнього руху.

ВИСНОВКИ

1. У результаті проведеного аналізу пасажиропотоків на міському автобусному маршруті визначено основні характеристики транспортного попиту. Встановлено, що максимальна потужність пасажиропотоку становить 489 пас./год та спостерігається на перегоні 5–6, а загальний обсяг перевезень у годину пік дорівнює 1260 пас.. Загальна транспортна робота на маршруті становить 7456,6 пас.-км, що характеризує інтенсивність використання маршруту та є основою для подальших розрахунків.

2. На підставі отриманих результатів виконано вибір рухомого складу та проведено порівняльну оцінку експлуатаційних витрат двох альтернативних моделей автобусів. За критерієм мінімальних експлуатаційних витрат найбільш доцільним для використання на маршруті визначено автобус Богдан А30251, сумарні експлуатаційні витрати якого становлять 1690,00 грн/год, що менше порівняно з альтернативним варіантом.

3. Розрахунок експлуатаційних показників показав, що для забезпечення якісного транспортного обслуговування необхідно використовувати 7 автобусів із плановим інтервалом руху 7,8 хв. Визначені коефіцієнти використання пасажиромісткості та змінюваності пасажирів свідчать про достатньо ефективне використання рухомого складу та відповідність його провізної спроможності існуючому попиту.

4. За результатами прогнозування перспективних обсягів перевезень встановлено, що у 2026 році очікується збільшення річного обсягу перевезень до 3 550 824 пасажирів, що на 139 478 пасажирів (4,09 %) більше порівняно з 2025 роком. Отримані результати підтверджують тенденцію до зростання транспортного попиту та свідчать про необхідність подальшого вдосконалення організації перевезень, забезпечення достатньої провізної спроможності маршруту й урахування прогнозованого збільшення

пасажиropотоків під час планування роботи міського автобусного транспорту.

5. У результаті виконаних розрахунків визначено потребу в автобусах для забезпечення перевезень у різні години роботи маршруту з урахуванням нерівномірності пасажиропотоків. Встановлено, що максимальна потреба в рухомому складі спостерігається у години найбільшого попиту та становить 7 автобусів, тоді як у періоди зниження інтенсивності перевезень для забезпечення нормативного інтервалу руху достатньо 3 автобусів. Це дало змогу адаптувати роботу маршруту до реального попиту та забезпечити раціональне використання рухомого складу.

6. На підставі розрахованої потреби в автобусах розроблено графік роботи водіїв і транспортних засобів. Розрахований коефіцієнт ефективності побудованого графіка становить 0,951, що відповідає нормативним вимогам та підтверджує його придатність для практичного використання. Запропонований графік забезпечує узгодження режимів роботи автобусів із добовими коливаннями пасажиропотоку та сприяє ефективному використанню трудових і матеріальних ресурсів.

7. Для кожного періоду роботи маршруту визначено інтервали руху автобусів та сформовано маршрутний розклад. У години максимального пасажиропотоку інтервал руху становить 7,8 хв, тоді як у міжпикові періоди він збільшується до 18,1 хв, що відповідає зміні транспортного попиту та забезпечує необхідний рівень транспортного обслуговування пасажирів.

8. Також визначено час виїзду та заїзду автобусів до автотранспортного підприємства, тривалість перебування транспортних засобів у наряді, кількість виконаних обертів і час технологічних перерв. Отримані результати свідчать, що розроблений розклад руху забезпечує безперервне функціонування маршруту протягом усього періоду роботи, раціональний розподіл рухомого складу за годинами доби та створює умови для якісного й ефективного транспортного обслуговування населення.

9. Проаналізовано умови організації дорожнього руху на досліджуваному перехресті міського автобусного маршруту. На основі дослідження інтенсивності транспортних і пішохідних потоків розроблено схему інженерного облаштування перехрестя із застосуванням комплексу технічних засобів організації дорожнього руху, що забезпечують підвищення рівня безпеки та впорядкування руху транспорту та пішоходів.

10. За результатами аналізу структури транспортних потоків обґрунтовано доцільність застосування двофазного режиму світлофорного регулювання.

11. У результаті розрахунку параметрів світлофорного регулювання визначено потоки насичення, фазові коефіцієнти, тривалість проміжних і основних тактів, а також оптимальні параметри циклу регулювання. Встановлено, що оптимальна тривалість світлофорного циклу становить 74 с, при цьому тривалість основних тактів складає 29 с і 37 с, а середньозважена затримка транспортних засобів на перехресті дорівнює 15,73 с.

12. Порівняльна оцінка існуючого та запропонованого режимів світлофорного регулювання підтвердила ефективність запропонованих заходів. Впровадження розрахованих параметрів циклу світлофорного регулювання забезпечує скорочення середньої затримки транспортних засобів на 1,26 с, що сприяє підвищенню пропускної спроможності перехрестя, покращенню умов руху транспортних засобів і пішоходів та підвищенню ефективності організації дорожнього руху.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Доля В. К. Пасажирські перевезення: підручник Харків: Форт, 2010. 504 с.
2. Вакуленко К. Є., Доля К. В. Управління міським пасажирським транспортом: навч. посібник. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. 257 с.
3. Босняк М.Г. Пасажирські автомобільні перевезення. Навчальний посібник. Київ: Слово, 2009. 272 с.
4. Кашканов В. А., Кашканов А. А., Варчук В. В. Організація автомобільних перевезень: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2017. 139 с.
5. 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.
6. Давідіч Ю. О. Розробка розкладу руху транспортних засобів при організації пасажирських перевезень: навч. посіб. Харків: ХНАМГ, 2010. 345 с.
7. Лежнева О. І. Організація перевезень пасажирів у містах: Навчальний посібник. Харків: Точка, 2010. 311 с.
8. Ceder A. Public transit planning and operation: theory, modeling and practice. Oxford: Elsevier, 2007. 626 p.
9. Розумний транспорт і логістика для міст: навчальний посібник / [авт. колетив: О.О. Лобашов, М.В. Ольхова, А.С. Галкін та ін.] Житомир: «Житомирська політехніка», 2021. 612 с.
10. Безлюбченко О. С., Гордієнко С. М., Завальний О. В. Планування міст і транспорт : навч. Посібник. Харків: ХНАМГ, 2008. 156 с.
11. Лобашов О. О., Прасоленко О. В. Практикум з дисципліни «Організація дорожнього руху»: навч. посіб. Харків: ХНАМГ, 2011. 221 с.
12. Кашканов А. А., Кужель В. П. Організація дорожнього руху: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2017. 125 с.