

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 7653 пасажирів**

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

Сорочинський А. 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**

Сорочинський Андрій Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Проектування організації перевезень на міському автобусному маршруті з добовим обсягом перевезень 7653 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) Етюра 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)

Сорочинський А. 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	391	0	10	290	0
2	77	12	9	42	7
3	44	19	8	39	26
4	51	28	7	31	35
5	32	26	6	28	23
6	30	41	5	25	34
7	26	38	4	22	45
8	16	62	3	19	41
9	9	71	2	7	58
10	0	379	1	0	234

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	0,83	0,98	1,05	1,16	0,93	0,92	1,14	0,89	1,2

Таблиця 3 - Параметри маршруту

Показники	Значення
Експлуатаційна швидкість, км/год	21
Технічна швидкість, км/год	28
Відстань нульового пробігу, км	5,2
Максимально допустимий інтервал руху, хв.	20
Коефіцієнт дефіциту транспортних засобів	1

Таблиця 4 - Зміна обсягу перевезень пасажирів на маршруті

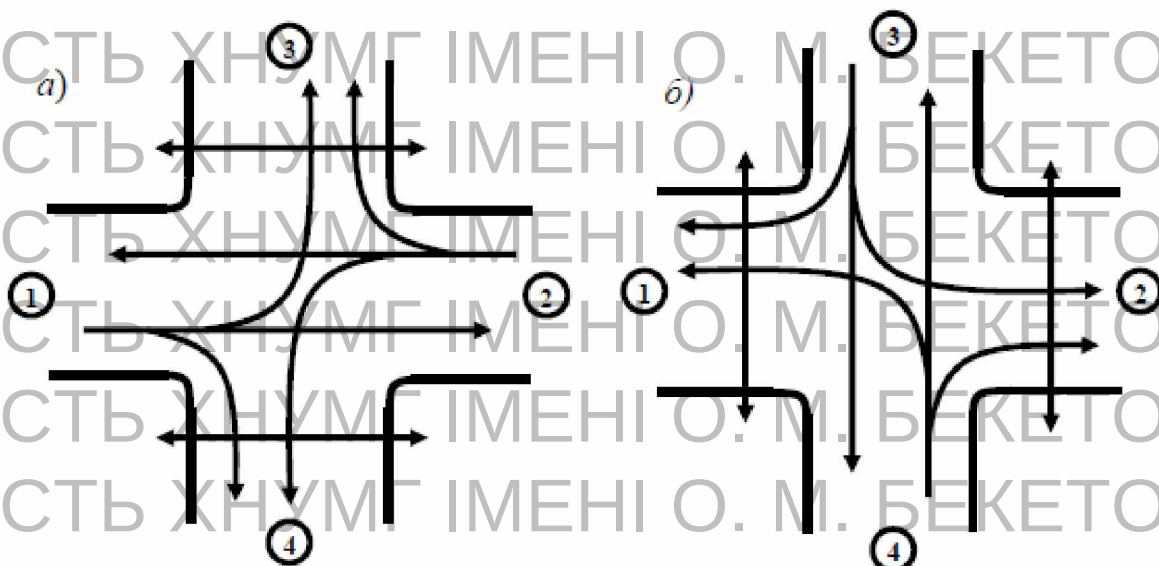
Місяць	Зміна обсягу перевезень пасажирів на маршруті, пас.		
	2023	2024	2025
Січень	240991	266748	296657
Лютий	241459	242061	228986
Березень	229538	255731	269534
Квітень	250575	242654	264067
Травень	254315	257052	249840
Червень	248237	279130	299414
Липень	230940	233187	237299
Серпень	214111	227700	251813
Вересень	251042	282284	273191
Жовтень	251042	236958	244088
Листопад	239822	261736	259557
Грудень	256185	248881	261281

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	0,36	0,87	1	0,85	0,58	0,41	0,35	0,44	0,58	0,73	0,93	0,81	0,67	0,45	0,41	0,26	0,18	0,16

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	3,5 (3,5)			3,5 (3,5)		
Напрямок руху	1-2	1-3	1-4	2-1	2-4	2-3
Інтенсивність руху, авт./год	976	109	326	893	94	359
Інтенсивність пішохідних потоків, пас./год	463			384		
Номер підходу до перехрестя	3			4		
Кількість смуг руху, од.	2			2		
Ширина першої смуги руху (другої), м	3,5 (3,5)			3,5 (3,5)		
Напрямок руху	3-4	3-2	3-1	4-3	4-1	4-2
Інтенсивність руху, авт./год	636	81	152	714	93	189
Інтенсивність пішохідних потоків, пас./год	226			278		

Рисунок 1 – Існуюча схема пофазного роз'їзду:
а) I фаза; б) II фаза.

Таблиця 7 – Характеристики існуючого циклу світлофорного регулювання

Номер фази	1	2
Час основного такту, с	35	25
Час проміжного такту, с	4	4
Час циклу, с	68	

Студент _____

(підпис)

Керівник роботи _____

(підпис)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота налічує 70 сторінок пояснювальної записки, 11 ілюстрацій, 12 таблиць, 11 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: автобусний маршрут міського пасажирського транспорту з добовим обсягом 7653 пасажирів.

Метою роботи є проектування раціональної організації перевезень на міському автобусному маршруті з добовим обсягом перевезень 7653 пасажирів.

Метод дослідження: аналітичний.

У результаті виконання роботи обґрунтовано вибір автобуса Богдан А30251 як найбільш економічно ефективного рухомого складу. Виконано прогнозування обсягів перевезень, яке підтвердило тенденцію до зростання транспортного попиту та необхідність урахування перспективних змін під час планування роботи маршруту. Розроблено маршрутний розклад, що забезпечують ефективне використання рухомого складу та відповідність транспортній потребі населення. Запропоновані заходи з удосконалення організації дорожнього руху на перехресті, включаючи новий режим світлофорного регулювання, забезпечують підвищення пропускної спроможності, скорочення середньої затримки транспортних засобів і покращення безпеки дорожнього руху.

Рекомендації щодо впровадження: результати роботи можуть бути використані під час проектування та вдосконалення організації міських пасажирських перевезень, зокрема при розробленні параметрів функціонування автобусних маршрутів.

АВТОБУСНИЙ МАРШРУТ, ПАСАЖИРОПОТІК, ОБСЯГ ПЕРЕВЕЗЕНЬ,
ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ, МАРШРУТНИЙ РОЗКЛАД

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
Розділ 1 ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ.....	10
1.1 Аналіз методів організації міських пасажирських перевезень.....	10
1.2 Розрахунок пасажиропотоків та транспортної роботи.....	22
1.3 Вибір рухомого складу.....	26
1.4 Розрахунок експлуатаційних показників.....	32
1.5 Прогнозування перспективних обсягів перевезень.....	37
1.6 Висновки по розділу.....	38
Розділ 2 РОЗРОБКА РОЗКЛАДУ РУХУ.....	40
2.1 Визначення кількості автобусів за годинами доби.....	40
2.2 Розробка графіку роботи водіїв і автобусів.....	44
2.3 Розробка маршрутного розкладу.....	46
2.4 Висновки по розділу.....	51
Розділ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ МАРШРУТУ.....	53
3.1 Інтенсивності руху на перехресті.....	53
3.2 Інженерне оснащення перехрестя.....	54
3.3 Схема пофазного роз'їзду.....	55
3.4 Параметри роботи світлофорного об'єкта.....	57
3.5 Висновки по розділу.....	65
ВИСНОВКИ.....	67
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	70

					ННІЕІТІ ТСЛ ТТ 2022-І ТТ XXX...Х ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка		
Розроб.		Сорочинський А.В.					
Перевір.		Понкратов Д.П.					
Н. контр.		Бурко Д.Л.					
Затв.		Куш Є.І.					
					Літера	Аркуш	Аркуші
					о п у	8	70
					ХНУМГ		

ВСТУП

Організація міських пасажирських перевезень є одним із найважливіших напрямів забезпечення ефективного функціонування сучасної транспортної системи міста, оскільки забезпечує реалізацію потреб населення у щоденному пересуванні між місцями проживання, праці, навчання, відпочинку та отримання соціальних послуг. Ефективне функціонування системи громадського транспорту безпосередньо впливає на соціально-економічний розвиток міста, рівень мобільності населення, продуктивність праці, екологічний стан міського середовища та якість життя мешканців. Зростання рівня урбанізації, збільшення чисельності населення міст, інтенсивний розвиток житлової забудови та постійне зростання транспортної рухливості населення обумовлюють необхідність удосконалення організації міських пасажирських перевезень із використанням сучасних методів транспортного планування та управління.

Основним завданням організації міських пасажирських перевезень є забезпечення своєчасного, безпечного, комфортного та економічно ефективного транспортного обслуговування населення. Для досягнення цієї мети необхідно сформувати раціональну маршрутну мережу, правильно визначити потребу в рухомому складі, забезпечити відповідність провізної спроможності маршрутів величині пасажиропотоків, розробити оптимальні розклади руху та створити ефективну систему диспетчерського управління перевізним процесом. Усі зазначені елементи є взаємопов'язаними та повинні розглядатися як єдина система, спрямована на забезпечення високої якості транспортного обслуговування.

РОЗДІЛ 1

ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

1.1 Аналіз методів організації міських пасажирських перевезень

Громадський транспорт є важливою складовою функціонування міської транспортної системи та безпосередньо впливає на рухомість населення, соціально-економічний розвиток територій та якість життя мешканців. Організація міських пасажирських перевезень спрямована на забезпечення потреб населення у своєчасному, безпечному, комфортному пересуванні в межах міста [1-9].

Основною метою організації міських пасажирських перевезень є створення таких умов транспортного обслуговування, за яких населення має можливість швидко та зручно дістатися до місць роботи, навчання, відпочинку, закладів охорони здоров'я, адміністративних установ та інших об'єктів міської інфраструктури. Досягнення цієї мети передбачає виконання певних заходів до яких слід віднести наступні [1-9]:

- аналіз транспортного попиту та пасажиропотоків;
- формування маршрутної мережі;
- вибір типу та кількості автобусів;
- розробка розкладів руху;
- організація дорожнього руху на маршрутах;
- оцінювання ефективності перевезень та заходів, що впроваджуються (економічне обґрунтування);
- контроль та вдосконалення системи перевезень.

Схематично етапи організації міських автобусних перевезень та показники їх оцінювання зображені на рис. 1.1.

ПРОЕКТУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ МІСЬКИХ АВТОБУСНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

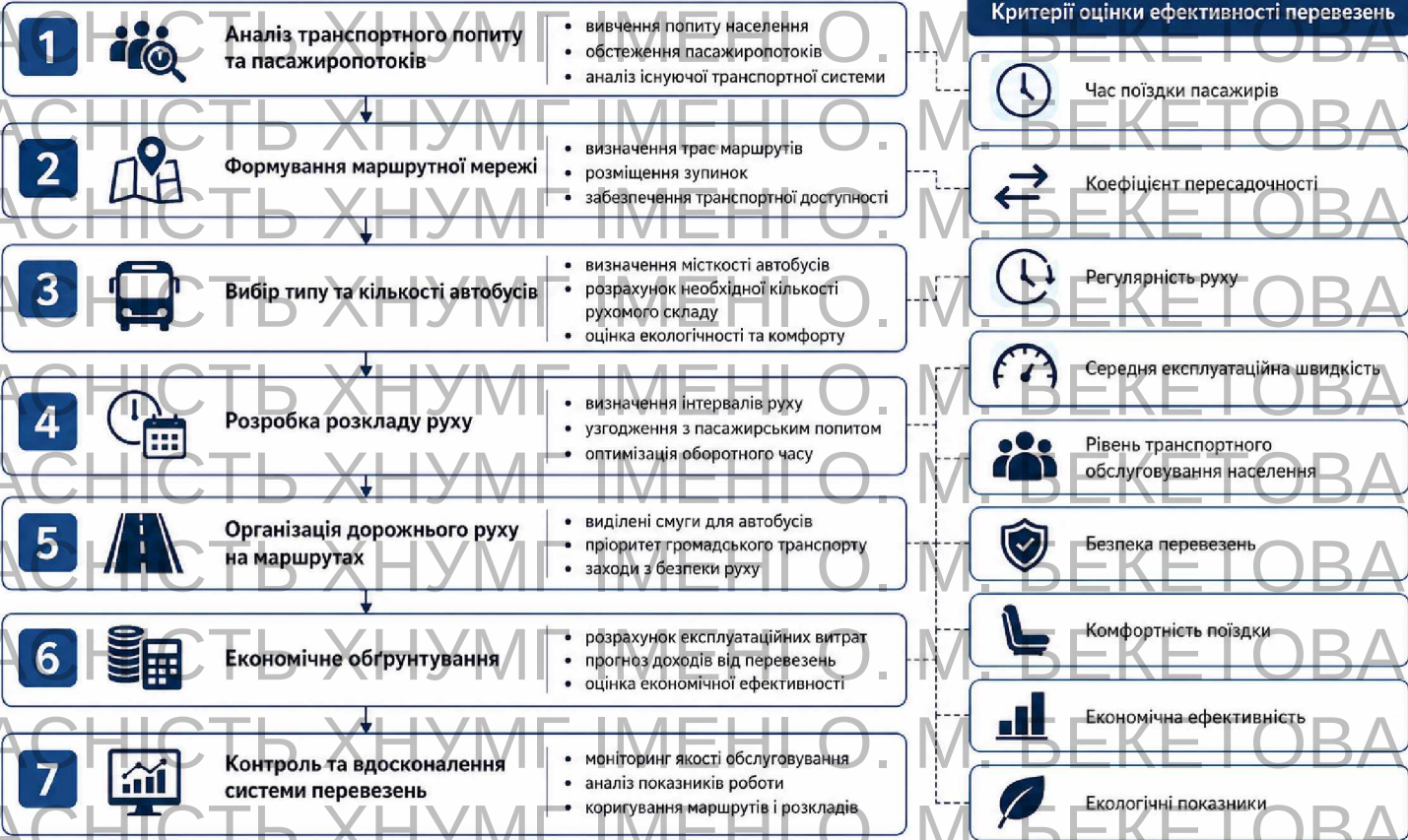


Рисунок 1.1 – Етапи організації міських автобусних перевезень та показники їх оцінювання

Аналіз транспортного попиту та пасажиропотоків є важливим етапом дослідження функціонування транспортної системи. Його метою є визначення потреб населення у пересуваннях, виявлення способів пересування пасажирів та проведення оцінки ефективності існуючої транспортної мережі. Результати такого аналізу використовуються для прийняття рішень щодо вдосконалення маршрутної мережі, підвищення якості транспортного обслуговування та раціонального використання рухомого складу [2, 4, 5].

Транспортний попит формується під впливом соціально-економічних, демографічних і територіальних факторів. Найбільший вплив на його величину мають чисельність населення, рівень зайнятості, розташування житлових районів, місць роботи, навчальних закладів, об'єктів торгівлі та сфери послуг. Зростання рухомості населення та розвиток міської території призводять до збільшення кількості пересувань та зміни структури транспортного попиту [5].

Пасажиропотік являє собою кількість пасажирів, які перевозяться через певний перетин маршруту або маршрутної мережі за визначений проміжок часу. Аналіз пасажиропотоків дозволяє оцінити рівень заповнення транспортних засобів, визначити найбільш затребувані напрямки перевезень та встановити відповідність існуючої маршрутної мережі потребам населення [2, 5].

Для дослідження пасажиропотоків використовуються результати натурних обстежень, автоматизованого підрахунку пасажирів, дані електронних систем оплати проїзду та статистична інформація транспортних підприємств. Основними показниками, що визначаються за результатами обстеження пасажиропотоків є такі: обсяг перевезених пасажирів; пасажирообіг (транспортна робота); середня дальність поїздки; коефіцієнт використання місткості транспортних засобів; коефіцієнти нерівномірності пасажиропотоків за годинами доби та днями тижня тощо [2, 4, 5].

Найбільші обсяги перевезень, зазвичай, припадають на ранкові та вечірні години пік, коли населення здійснює пересування до місць роботи та навчання і повертається додому. У цей період спостерігається максимальне навантаження на транспортні засоби та інфраструктуру. У міжпікові години пасажиропотоки зменшуються, що створює передумови для більш рівномірного використання транспортних ресурсів [3, 4].

Дослідження транспортного попиту та пасажиропотоків дає змогу оцінити відповідність існуючої системи перевезень потребам населення, визначити рівень завантаження маршрутів і виявити проблемні ділянки транспортної мережі. На основі отриманих результатів можуть бути розроблені заходи щодо оптимізації маршрутів, коригування розкладів руху, підвищення пропускної спроможності окремих напрямків та покращення якості транспортного обслуговування пасажирів [5].

Формування маршрутної мережі міського пасажирського транспорту є одним із основних етапів організації транспортного обслуговування населення, оскільки саме від раціональності побудови маршрутної мережі залежить доступність основних об'єктів міської інфраструктури, рівень транспортної рухомості населення, ефективність використання рухомого складу та економічні показники роботи перевізників. Маршрутна мережа повинна забезпечувати максимально повне задоволення транспортних потреб населення за мінімальних витрат часу пасажирів на пересування та мінімальних експлуатаційних витрат транспортних підприємств. При цьому її структура повинна відповідати сучасній містобудівній ситуації, просторовому розміщенню житлових районів, місць прикладання праці, навчальних закладів, об'єктів торгівлі, соціальної інфраструктури та транспортних вузлів [2-5].

Під маршрутною мережею міського пасажирського транспорту розуміють сукупність маршрутів різних видів громадського транспорту, що функціонують на території міста та забезпечують транспортні зв'язки між

усіма основними районами. До складу маршрутної мережі можуть входити автобусні, тролейбусні, трамвайні маршрути, а також маршрути метрополітену, приміських перевезень та інших видів транспорту залежно від особливостей транспортної системи міста. Формування такої мережі повинно здійснюватися як єдиної інтегрованої системи, у якій окремі маршрути взаємодоповнюють один одного та забезпечують ефективний розподіл пасажиропотоків [5].

Основною метою формування маршрутної мережі є створення системи транспортного обслуговування, яка забезпечує мінімізацію часу пересування пасажирів, скорочення кількості пересадок, підвищення регулярності руху транспортних засобів, покращення доступності громадського транспорту та раціональне використання транспортної інфраструктури [4, 5].

Процес формування маршрутної мережі базується на результатах комплексного транспортного обстеження міста. На першому етапі здійснюється аналіз існуючої транспортної системи, який включає дослідження конфігурації вулично-дорожньої мережі, характеристик існуючих маршрутів, інтенсивності транспортних потоків, технічного стану дорожньої інфраструктури, розміщення зупиночних пунктів та транспортно-пересадкових вузлів. Одночасно проводиться оцінка демографічних характеристик населення, функціонального зонування території міста та перспектив його розвитку [4, 5].

Наступним етапом є визначення транспортного попиту шляхом дослідження транспортних кореспонденцій і пасажиропотоків. На основі результатів обстежень визначаються основні напрямки пересування населення, обсяги пасажирських перевезень у різні періоди доби, нерівномірність пасажиропотоків за часом та територією міста, а також перспективні зміни транспортного попиту. Саме пасажиропотоки визначають доцільність організації окремих маршрутів, вибір їх траси, необхідної провізної спроможності та режиму роботи [4, 5].

Під час проектування маршрутної мережі особливу увагу приділяють вибору трас маршрутів. Вони повинні проходити найбільш завантаженими транспортними зв'язками, забезпечувати транспортне сполучення між районами формування та тяжіння пасажиропотоків, максимально використовувати магістральні вулиці з достатньою пропускнуою спроможністю та забезпечувати безпечні умови руху. Водночас необхідно уникати необґрунтованого дублювання маршрутів, яке призводить до нераціонального використання рухомого складу та збільшення експлуатаційних витрат [2, 4, 5].

Одним із найважливіших принципів формування маршрутної мережі є забезпечення транспортної доступності. Вважається, що відстань пішохідного підходу до найближчого зупиночного пункту повинна бути мінімальною та відповідати нормативним вимогам для різних категорій забудови. Забезпечення нормативної транспортної доступності дозволяє підвищити привабливість громадського транспорту, скоротити використання індивідуальних автомобілів та зменшити транспортне навантаження на міську вулично-дорожню мережу [5].

Рациональна маршрутна мережа повинна забезпечувати оптимальне співвідношення між прямими сполученнями та пересадочними поїздками. Надмірна кількість прямих маршрутів призводить до дублювання транспортної роботи, збільшення експлуатаційних витрат і зниження частоти руху на окремих напрямках. Водночас надмірне використання пересадок знижує комфортність перевезень та збільшує загальні витрати часу пасажирів. Тому сучасні транспортні системи все частіше будуються за принципом магістрально-підвізної організації перевезень, коли магістральні маршрути забезпечують перевезення основних пасажиропотоків, а підвізні маршрути здійснюють транспортне обслуговування окремих житлових районів із подальшою пересадкою на швидкісні або магістральні види транспорту [5].

Важливим напрямом удосконалення маршрутної мережі є використання сучасних методів транспортного моделювання. Застосування транспортних моделей дає можливість прогнозувати зміни пасажиропотоків при введенні нових маршрутів, зміні траси існуючих маршрутів, розвитку нових житлових масивів або будівництві транспортної інфраструктури. Моделювання дозволяє оцінити різні варіанти організації маршрутної мережі ще до їх практичного впровадження, що значно знижує ризик прийняття неефективних управлінських рішень [4, 5].

Вибір типу та кількості транспортних засобів на маршрутах є одним із найважливіших етапів організації міських пасажирських перевезень, оскільки саме від правильності прийнятого рішення залежить якість транспортного обслуговування населення, ефективність використання рухомого складу, рівень експлуатаційних витрат перевізника та економічна доцільність функціонування маршрутів. Невідповідність пасажиромісткості транспортних засобів фактичному попиту призводить або до переповнення транспортних засобів і погіршення комфортності перевезень, або до низького рівня використання місткості автобусів, що супроводжується необґрунтованим збільшенням витрат на перевезення пасажирів [1, 2, 8, 9].

Основною метою вибору рухомого складу є забезпечення перевезення існуючих і прогнозованих пасажиропотоків із дотриманням нормативних вимог щодо рівня комфортності, безпеки, регулярності та доступності транспортного обслуговування. При цьому необхідно забезпечити раціональне співвідношення між пасажиромісткістю автобусів, інтервалами руху та кількістю транспортних засобів на маршруті. Правильно обраний рухомий склад дозволяє мінімізувати сумарні витрати перевізника та пасажирів, забезпечуючи високий рівень транспортного обслуговування [1, 2, 8, 9].

Процес вибору типу автобусів починається з аналізу характеристик маршруту та умов його експлуатації. Насамперед враховуються величина

максимального пасажиропотоку, нерівномірність перевезень протягом доби, довжина маршруту, кількість зупинок, інтенсивність дорожнього руху, ширина проїзної частини, геометричні параметри вулиць, умови маневрування транспортних засобів та особливості дорожньої інфраструктури. Крім того, оцінюються перспективи розвитку прилеглих територій, які можуть зумовити зміну транспортного попиту в майбутньому [1, 2, 8, 9].

Одним із визначальних критеріїв вибору є пасажиромісткість транспортного засобу. Вона повинна відповідати величині максимального пасажиропотоку на найбільш завантаженій ділянці маршруту. Якщо на маршруті спостерігаються значні обсяги перевезень, доцільним є використання автобусів великої або особливо великої місткості, що дозволяє забезпечити необхідну провізну спроможність без надмірного скорочення інтервалів руху. На маршрутах із середнім рівнем попиту економічно обґрунтованим є застосування автобусів середнього класу, тоді як на напрямках із незначними пасажиропотоками ефективніше використовувати автобуси малого класу [8, 9].

Під час вибору рухомого складу необхідно враховувати не лише загальну пасажиромісткість, а й конструктивні особливості автобусів. Важливими характеристиками є кількість дверей, площа накопичувальних майданчиків, кількість місць для сидіння, рівень підлоги, пристосованість до перевезення маломобільних груп населення, можливість використання сучасних систем кондиціонування та інформаційного забезпечення пасажирів. Для експлуатації на міських маршрутах перевага надається низькопідлоговим автобусам із широкими дверними прорізами, що забезпечують швидкий пасажирообмін і скорочують час перебування автобуса на зупинках [2, 3].

Важливим фактором є техніко-економічні характеристики автобусів. Під час оцінювання різних моделей враховують витрату палива, вартість

технічного обслуговування і ремонту, ресурс основних агрегатів, надійність конструкції, екологічні показники та загальну вартість життєвого циклу транспортного засобу [3].

Після визначення типу автобусів здійснюється розрахунок їх необхідної кількості для обслуговування маршруту. Основою такого розрахунку є максимальний пасажиропотік у годину пік, пасажиромісткість одного автобуса, тривалість оборотного рейсу та встановлений інтервал руху. Кількість автобусів повинна забезпечувати своєчасне перевезення всіх пасажирів без перевищення допустимого рівня заповнення салону [5].

Визначення кількості транспортних засобів також залежить від експлуатаційної швидкості руху автобусів. За умов зменшення швидкості через транспортні затори, значну кількість світлофорних об'єктів або високий рівень завантаженості вулично-дорожньої мережі тривалість оборотного рейсу збільшується, що, своєю чергою, потребує введення додаткових автобусів для збереження незмінного інтервалу руху. Тому під час планування роботи маршруту необхідно враховувати фактичні умови дорожнього руху в різні періоди доби [5].

Одним із важливих показників ефективності вибору кількості автобусів є коефіцієнт використання пасажиромісткості. Його значення повинно забезпечувати комфортні умови перевезення пасажирів без надмірного резервування провізної спроможності. При надто високому значенні коефіцієнта спостерігається переповнення салону, збільшується час посадки та висадки пасажирів, знижується комфортність перевезень і зростає ймовірність відмов пасажирів у посадці. Натомість надто низький рівень заповнення автобусів призводить до збільшення собівартості перевезень та неефективного використання рухомого складу [8, 9].

У сучасній практиці транспортного планування вибір типу та кількості автобусів дедалі частіше здійснюється із застосуванням методів математичного моделювання та оптимізації. Використання транспортних

моделей дозволяє аналізувати різні варіанти організації перевезень, прогнозувати зміну рівня завантаження автобусів, оцінювати вплив зміни інтервалів руху, пасажиромісткості транспортних засобів або структури маршрутної мережі на якість транспортного обслуговування. Такий підхід забезпечує прийняття економічно обгрунтованих рішень і дозволяє досягти оптимального балансу між витратами перевізника та витратами часу пасажирів [8, 9].

Розробка розкладу руху є одним із завершальних і найбільш відповідальних етапів організації міських пасажирських перевезень. Від якості його складання залежать регулярність транспортного обслуговування, дотримання встановлених інтервалів руху, рівень задоволеності пасажирів, ефективність використання рухомого складу та економічні показники роботи перевізника. Рационально складений розклад забезпечує узгоджену роботу всіх автобусів на маршруті, рівномірний розподіл транспортних засобів у часі та своєчасне перевезення пасажирів відповідно до існуючого транспортного попиту [1, 5, 6].

Основною метою розробки розкладу руху є забезпечення регулярного та безперервного транспортного обслуговування населення з мінімальними витратами часу пасажирів на очікування автобуса та оптимальним використанням наявного рухомого складу. Розклад повинен гарантувати виконання встановленої кількості рейсів, дотримання встановлених інтервалів руху та стабільність функціонування маршруту [1, 5, 6].

Під час розроблення розкладу враховуються результати аналізу пасажиропотоків, характеристики маршруту, технічні параметри рухомого складу, особливості організації дорожнього руху, режим роботи підприємств, навчальних закладів, торговельних центрів та інших об'єктів, які формують транспортний попит. Значний вплив на структуру розкладу мають також добова та сезонна нерівномірність пасажирських перевезень, що обумовлює

необхідність диференціації режимів роботи автобусів у години пік та міжпікові періоди [1, 5, 6].

Одним із найважливіших параметрів розкладу є інтервал руху автобусів. Його величина визначається інтенсивністю пасажиропотоку, пасажиромісткістю транспортних засобів, кількістю автобусів, що працюють на маршруті. У години максимального навантаження інтервали руху, як правило, скорочуються, що забезпечує достатню провізну спроможність маршруту та зменшує час очікування пасажирів. У періоди зниження транспортного попиту допускається збільшення інтервалів, що дозволяє більш ефективно використовувати рухомий склад і зменшувати експлуатаційні витрати [1, 5, 6].

При складанні розкладу необхідно забезпечити рівномірність відправлення автобусів із кінцевих зупинок. Порушення рівномірності призводить до явища групування автобусів, коли транспортні засоби починають рухатися один за одним із незначним часовим інтервалом. У такому випадку перший автобус працює з перевантаженням, тоді як наступний перевозить значно меншу кількість пасажирів, що негативно впливає на ефективність перевезень та комфортність транспортного обслуговування [1, 5, 6].

Організація дорожнього руху на маршрутах міського пасажирського транспорту є важливою складовою ефективного функціонування транспортної системи міста. Вона спрямована на забезпечення безпечного, безперервного та регулярного руху автобусів, скорочення часу їх руху, підвищення експлуатаційної швидкості та зменшення затримок [10, 11].

Одним із найважливіших напрямів організації дорожнього руху є забезпечення пріоритету громадського транспорту. З цією метою застосовуються спеціальні смуги для руху автобусів, виділені смуги на окремих ділянках магістралей, пріоритетний проїзд регульованих перехресть,

адаптивне світлофорне регулювання та інші організаційно-технічні заходи [10, 11].

Важливим елементом організації дорожнього руху є оптимізація режимів світлофорного регулювання. Неефективно встановлені цикли світлофорів можуть призводити до значних затримок автобусів, особливо на магістральних вулицях із високою інтенсивністю руху. Тому при організації перевезень проводиться аналіз роботи регульованих перехресть, визначаються оптимальні тривалості фаз світлофорного регулювання, координуються режими роботи суміжних світлофорних об'єктів та впроваджуються адаптивні системи управління дорожнім рухом, які враховують поточну транспортну ситуацію [10, 11].

Диспетчерське управління перевезеннями є невід'ємною складовою системи організації міських пасажирських перевезень, оскільки забезпечує оперативне керування роботою рухомого складу, контроль за дотриманням розкладу руху та своєчасне реагування на зміни транспортної ситуації. В умовах інтенсивного дорожнього руху та постійної зміни транспортної обстановки роль диспетчерських служб набуває особливого значення, оскільки саме вони забезпечують координацію роботи транспортних засобів у режимі реального часу [4].

Основною метою диспетчерського управління є підтримання запланованого режиму роботи маршрутів шляхом безперервного контролю за рухом автобусів і прийняття оперативних управлінських рішень у разі виникнення відхилень від встановленого розкладу. Досягнення цієї мети дозволяє забезпечити стабільність транспортного процесу, рівномірність інтервалів руху та необхідний рівень транспортного обслуговування пасажирів [4].

До основних завдань диспетчерського управління належать контроль випуску автобусів на маршрути, моніторинг їх місцезнаходження, контроль виконання розкладу руху, координація роботи водіїв, оперативне

регулювання інтервалів руху, організація резервного рухомого складу, інформаційне забезпечення водіїв і пасажирів, а також аналіз експлуатаційних показників роботи маршрутів. Виконання цих завдань забезпечує безперервність перевізного процесу та мінімізує негативний вплив випадкових факторів на роботу міського пасажирського транспорту [4].

1.2 Розрахунок пасажиропотоків та транспортної роботи

Одним із найважливіших показників, що характеризує інтенсивність використання міського автобусного маршруту, є пасажиропотік. Його величина відображає кількість пасажирів, які переміщуються певною ділянкою маршруту за визначений проміжок часу, та є основою для подальшого вибору рухомого складу, визначення необхідної кількості автобусів і розробки розкладу руху. Для визначення значень пасажиропотоків використовуємо таку розрахункову залежність:

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

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

$Q_{\text{в}i}, Q_{\text{з}i}$ - пасажирообмін i -ої зупинки, пас./год.

Пасажиропотік на перегоні 1 – 2 має наступну величину:

$$F_{1-2} = 391 \text{ пас./год.}$$

Для перегону 2 – 3:

$$F_{2-3} = 391 + 77 - 12 = 456 \text{ пас./год.}$$

Аналогічні розрахунки пасажиропотоків для інших перегонів маршруту виконано за наведеною методикою, а їх результати наведено в табл. 1.1 та зображено на рис. 1.2.

Таблиця 1.1 – Результати розрахунку пасажиропотоків та транспортної роботи

Прямий напрямок маршруту				Зворотний напрямок маршруту			
Номер перегону	Довжина перегону, км	Значення пасажиропотоку, пас./год	Транспортна робота, пас. км	Номер перегону	Довжина перегону, км	Значення пасажиропотоку, пас./год	Транспортна робота, пас. км
1-2	0,83	391	324,5	10-9	1,2	290	348,0
2-3	0,98	456	446,9	9-8	0,89	325	289,3
3-4	1,05	481	505,1	8-7	1,14	338	385,3
4-5	1,16	504	584,6	7-6	0,92	334	307,3
5-6	0,93	510	474,3	6-5	0,93	339	315,3
6-7	0,92	499	459,1	5-4	1,16	330	382,8
7-8	1,14	487	555,2	4-3	1,05	307	322,4
8-9	0,89	441	392,5	3-2	0,98	285	279,3
9-10	1,2	379	454,8	2-1	0,83	234	194,2
Сума	9,10	4148	4197,0	Сума	9,10	2782	2823,8

Виходячи з даних табл. 1.1 встановлюємо максимальний пасажиропотік на маршруті:

$$F_{\max} = \max\{391; 456; 481; 504; 510; 499; 487; 441; 379; \dots 234\} = 510 \text{ пас./год.}$$

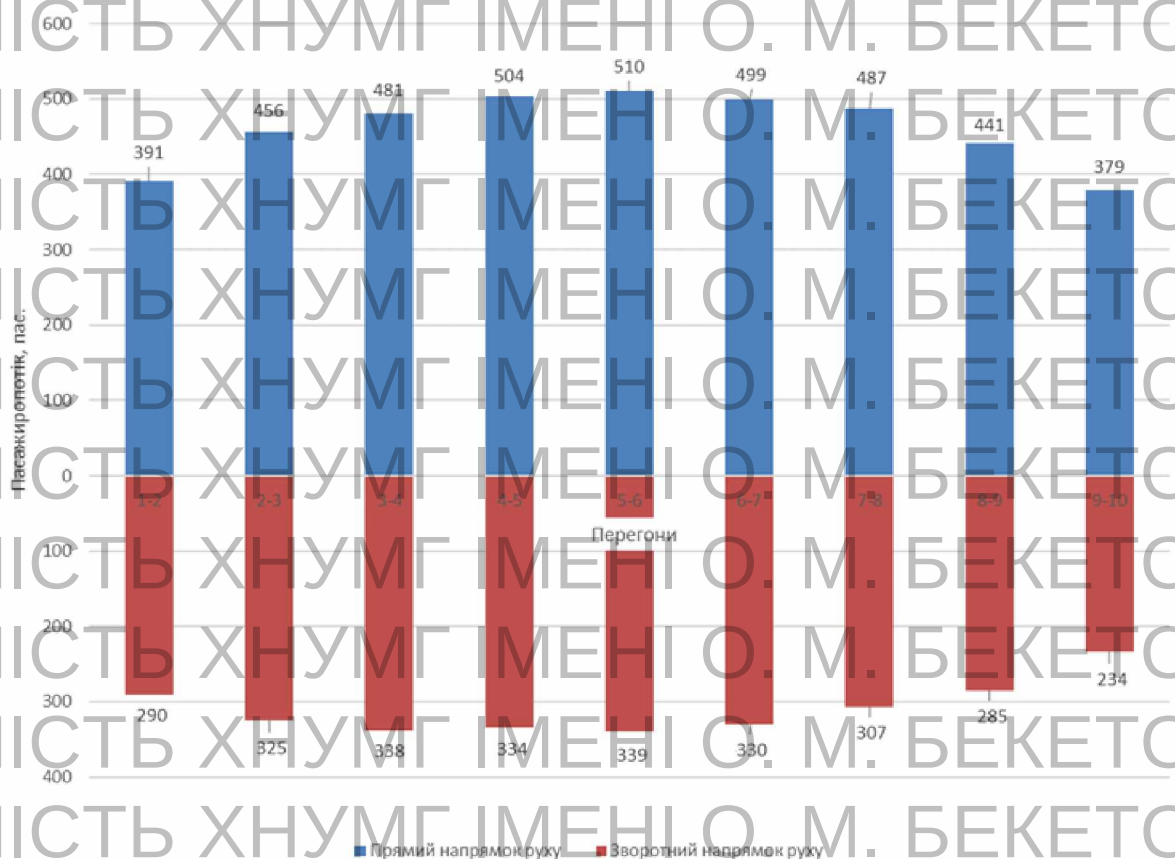


Рисунок 1.2 – Епюра пасажиропотоку

Таким чином, максимальний пасажиропотік становить 510 пас./год.

Цей пасажиропотік спостерігається на перегоні 5-6 маршруту.

Обсяг перевезень є одним із основних показників ефективності функціонування міського автобусного маршруту, оскільки відображає кількість пасажирів, перевезених протягом визначеного проміжку часу. Його значення визначаємо за такою розрахунковою залежністю:

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_{gi} = \sum_{i=1}^n Q_{si} \quad (1.2)$$

Для прямого напрямку маршруту його величина складає:

$$Q = 391 + 77 + 44 + 51 + 32 + 30 + 26 + 16 + 9 = 676 \text{ пас.}$$

Для зворотного напрямку маршруту:

$$Q = 290 + 42 + 39 + 31 + 28 + 25 + 22 + 19 + 7 = 503 \text{ пас.}$$

Загальний обсяг перевезених пасажирів за період, що розглядається:

$$Q = 676 + 503 = 1179 \text{ пас.}$$

Одним із основних показників ефективності функціонування маршруту є транспортна робота, що характеризує обсяг виконаних перевезень на окремому перегоні. Її величина залежить від кількості перевезених пасажирів та довжини відповідного перегону. Транспортну роботу на перегоні маршруту визначаємо за формулою:

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

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

Наприклад, для перегону 1-2:

$$W_{1-2} = 0,83 \cdot 391 = 324,5 \text{ пас. км.}$$

Транспортна робота у прямому напрямку маршруту:

$$W = 324,5 + 446,9 + 505,1 + 584,6 + 474,3 + 459,1 + 555,2 + 392,5 + 454,8 = 4197,0 \text{ пас. км.}$$

Транспортна робота у зворотному напрямку:

$$W = 348,0 + 289,3 + 385,3 + 307,3 + 315,3 + 382,8 + 322,4 + 279,3 + \\ + 194,2 = 2823,8 \text{ пас. км.}$$

Загальна транспортна робота на маршруті:

$$W = 4197,0 + 2823,8 = 7020,7 \text{ пас. км.}$$

Наступним етапом є ухвалення рішення щодо вибору марки автобуса для обслуговування маршруту. При цьому враховуються результати аналізу пасажиропотоків.

1.3 Вибір рухомого складу

За результатами аналізу пасажиропотоків максимальна потужність пасажирського потоку на маршруті становить 510 пас./год. Відповідно до рекомендацій щодо вибору рухомого складу залежно від величини пасажиропотоку, для забезпечення перевезень за таких умов доцільним є використання автобусів середнього класу пасажиромісткості [4]. Такий вибір забезпечує раціональне використання провізної спроможності, сприяє підтриманню нормативного рівня наповнення транспортних засобів та підвищує економічну ефективність експлуатації маршруту. З урахуванням зазначених вимог для подальшого порівняльного аналізу та вибору найбільш доцільного варіанта рухомого складу як альтернативні марки автобусів розглядаємо Богдан А30251 та Etalon А08128, основні технічні й експлуатаційні характеристики яких наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Характеристики рухомого складу

Показник	Богдан А30251	Etalon А08128
Тарифна ставка водія, грн./год	195,4	195,4
Відрахування на соціальне страхування, %	37,5	37,5
Витрати палива, л/100 км	21	22
Експлуатаційна швидкість, км/год	21	21
Вартість літра палива, грн./л	81,53	81,53
Норма відрахувань на мастильні матеріали, %	10,2	10,2
Норма відрахувань на технічне обслуговування та ремонт рухомого складу, грн./1000 км	3655	3840
Кількість колі, од.	6	6
Вартість однієї шини, грн.	4520	4520
Норма відрахувань на відновлення шин, %	3	3
Експлуатаційний пробіг шин, км	70000	70000
Кількість днів, що функціонує маршрут, дн.	365	365
Час в наряді, год	8	8
Норма відрахувань на амортизацію, %	40	40
Балансова вартість автобусів, грн.	2840000	3360000
Тарифна ставка управлінського персоналу, грн/год.	202,4	202,4
Накладні витрати, %	20	20

З метою оцінювання економічної ефективності використання автобусів різних марок здійснюємо розрахунок експлуатаційних витрат, що припадають на одну годину роботи транспортного засобу на маршруті. Отримані результати дозволяють порівняти альтернативні варіанти рухомого складу та обґрунтувати найбільш доцільний з економічної точки зору.

Експлуатаційні витрати визначаємо за формулою:

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

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

B_n – витрати на паливо, грн./год;

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

B_{TOiP} – витрати на технічне обслуговування та ремонт рухомого складу, грн./год;

$B_{ш}$ – витрати на шини, грн./год;

B_a – амортизаційні відрахування, грн./год;

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

B_n – накладні витрати, грн./год.

Проводимо розрахунки для автобусів Богдан А30251.

Витрати на заробітну платню водія:

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

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

$C_{стр}$ – відрахування на соціальне страхування, %.

$$3П_{\epsilon} = 195,4 \cdot \left(1 + \frac{37,5}{100} \right) = 268,68 \text{ грн.}$$

Витрати на паливо:

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

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

V_e – експлуатаційна швидкість, км/год;

$B_{1л}$ – вартість палива, грн. /л.

$$B_n = \frac{21 \cdot 21,81,53}{100} = 359,55 \text{ грн.}$$

Витрати на мастильні матеріали:

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

де C_m – норма відрахувань на мастильні матеріали, %.

$$B_m = \frac{359,55 \cdot 10,2}{100} = 36,67 \text{ грн.}$$

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,
грн./1000 км.

$$B_{\text{ТОіР}} = \frac{3655 \cdot 21}{1000} = 76,76 \text{ грн.}$$

Витрати на шини:

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

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

$B_{\text{ш}}$ – вартість шини, грн.;

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

L_e – експлуатаційний пробіг шин, км;

D_p – календарні дні функціонування маршруту, дн.;

T_n – час в наряді.

$$B_{\text{ш}} = \frac{6 \cdot 4520 \cdot 3 \cdot 70000}{100 \cdot 1000 \cdot 365 \cdot 8} = 19,50 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію:

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

де H_a – норма відрахувань на амортизацію, %;

$Ц_б$ – балансова вартість автобуів, грн.

$$B_a = \frac{40 \cdot 2840000}{100 \cdot 365 \cdot 8} = 389,04 \text{ грн.}$$

Витрати на ЗП управлінського персоналу:

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

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

$$B_{yn} = 202,4 \cdot (1 + 37,5/100) = 278,30 \text{ грн.}$$

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 – норма відрахувань на накладні витрати, %.

$$B_n = \frac{(268,68 + 359,55 + 36,67 + 76,76 + 19,50 + 389,04 + 278,30)}{100} = 285,70 \text{ грн.}$$

Експлуатаційні витрати:

$$З_{од} = 268,68 + 359,55 + 36,67 + 76,76 + 19,50 + 389,04 + 278,30 + 285,70 = 1714,20 \text{ грн.}$$

За аналогічною методикою визначаємо величину експлуатаційних витрат для автобуса марки Etalon A081280. Проведення розрахунків за єдиним алгоритмом забезпечує зіставність отриманих результатів і створює підґрунтя для подальшого техніко-економічного порівняння розглянутих варіантів рухомого складу. Результати розрахунків наведено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Експлуатаційні витрати автобусів

Вид витрат	Марка рухомого складу	
	Богдан А30251	Etalon А08128
Витрати на ЗП водія, грн./год	268,68	268,68
Витрати на паливо, грн./год	359,55	376,67
Витрати на мастильні матеріали, грн./год	36,67	38,42
Витрати на технічне обслуговування та ремонт, грн./год	76,76	80,64
Витрати на шини, грн./год	19,50	19,50
Витрати на амортизацію, грн./год	389,04	460,27
Витрати на ЗП управлінського персоналу, грн./год	278,30	278,30
Накладні витрати, грн./год	285,70	304,50
Експлуатаційні витрати, грн./год	1714,20	1826,98

Аналіз результатів розрахунку експлуатаційних витрат свідчить, що для обслуговування досліджуваного маршруту найбільш доцільним є використання автобусів марки Богдан А30251. Порівняно з альтернативним варіантом ці автобуси забезпечують нижчий рівень сукупних експлуатаційних витрат, що позитивно впливає на економічну ефективність перевезень. Загальна величина експлуатаційних витрат для автобусів цієї марки становить 1714,20 грн, що є найменшим значенням серед розглянутих варіантів. Отримані результати підтверджують доцільність вибору автобусів Богдан А30251 як рухомого складу для експлуатації на даному маршруті.

1.4 Розрахунок експлуатаційних показників

Одним із ключових експлуатаційних параметрів міського автобусного маршруту є час обертів автобуса, який характеризує тривалість повного циклу

роботи транспортного засобу від початкової зупинки до повернення на неї.

Величину часу обертгу визначаємо за формулою:

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

де l_m - довжина маршруту, км;

V_e - експлуатаційна швидкість, км/год.

$$t_{об} = \frac{2 \cdot 9,1}{21} = 0,87 \text{ год} = 52 \text{ хв.}$$

Потрібна кількість автобусів:

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

де q_n - номінальна місткість, пас.

$$A = \frac{510 \cdot 0,87}{68} = 7 \text{ од.}$$

Інтервал руху:

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

$$I_{пл} = \frac{52}{7} = 7,4 \text{ хв.}$$

Середню відстань поїздки пасажирів:

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

Прямий напрямок:

$$l_{cp} = \frac{4197,0}{676} = 6,21 \text{ км.}$$

Зворотний напрямок:

$$l_{cp} = \frac{2823,8}{503} = 5,61 \text{ км.}$$

Динамічний коефіцієнт використання місткості:

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

Прямий напрямок:

$$\gamma_{\partial} = \frac{0,87 \cdot 4197,0}{9,10 \cdot 68 \cdot 7} = 0,840.$$

Зворотний напрямок:

$$\gamma_{\partial} = \frac{0,87 \cdot 2823,8}{9,10 \cdot 68 \cdot 7} = 0,565.$$

Статичний коефіцієнт використання місткості:

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

де n - кількість перегонів, од.

Прямий напрямок:

$$\gamma_c = \frac{0,87 \cdot 4148}{9 \cdot 7 \cdot 68} = 0,839.$$

Зворотний напрямок:

$$\gamma_c = \frac{0,87 \cdot 2782}{9 \cdot 7 \cdot 68} = 0,563.$$

Коефіцієнт змінюваності:

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

Прямий напрямок:

$$\eta = \frac{9,1}{6,21} \times \frac{0,840}{0,839} = 1,47.$$

Зворотний напрямок:

$$\eta = \frac{9,1}{5,61} \times \frac{0,565}{0,563} = 1,63.$$

Після завершення розрахунків отримані результати систематизуємо та зводимо до табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Експлуатаційні показники

№ п/п	Показник	Напрямок	
		прямий	зворотний
1	Обсяг перевезених пасажирів, пас.	1179	503
2	Довжина маршруту, км	676	21
3	Експлуатаційна швидкість, км/год	52	68
4	Час оборту, хв.	Богдан А30251	510
5	Місткість автобусів, пас.	7	7,4
6	Марка	7020,7	2823,8
7	Максимальний пасажиропотік, пас./год	6,21	5,61
8	Кількість автобусів, од.	0,840	0,565
9	Інтервал руху, хв.	0,839	0,563
10	Транспортна робота, пас. км	1,47	1,63
11	Середня відстань поїздки, км		
12	Динамічний коефіцієнт використання місткості		
13	Статичний коефіцієнт використання місткості		
14	Коефіцієнт змінюваності		

Після визначення основних параметрів функціонування маршруту переходимо до прогнозування обсягів перевезень. Отримані прогнозні значення є основою для оцінювання перспективної потреби у транспортному обслуговуванні та подальшого обґрунтування параметрів роботи маршруту.

1.5 Прогнозування перспективних обсягів перевезень

Для прогнозування перспективних обсягів пасажирських перевезень використано інструменти табличного процесора Microsoft Excel, що дають змогу виконати аналіз часових рядів та побудувати прогноз на основі наявних статистичних даних. Отримані прогнозні значення дозволяють оцінити очікувану динаміку транспортного попиту та врахувати її під час подальшого планування параметрів функціонування маршруту. Результати прогнозування наведено в табл. 1.5, а їх графічну інтерпретацію представлено у вигляді діаграми на рис. 1.3.

Таблиця 1.5 — Статистичні дані та прогнозовані обсяги перевезень

Місяць	Обсяг перевезень, пас.			
	2023	2024	2025	2026
Січень	240991	266748	296657	279578
Лютий	241459	242061	228986	254078
Березень	229538	255731	269534	267605
Квітень	250575	242654	264067	255634
Травень	254315	257052	249840	269939
Червень	248237	279130	299414	281909
Липень	230940	233187	237299	249817
Серпень	214111	227700	251813	239145
Вересень	251042	282284	273191	284774
Жовтень	251042	236958	244088	261849
Листопад	239822	261736	259557	268977
Грудень	256185	248881	261281	277802
Річний обсяг перевезень	2908257	3034122	3135726	3191108



Рисунок 1.3 – Діаграма зміни обсягів перевезень

Відповідно до результатів прогнозування очікується, що у 2026 році обсяг пасажирських перевезень на досліджуваному маршруті збільшиться на 55383 пасажирів, що відповідає приросту 1,77 % порівняно з попереднім періодом. Отриманий прогноз свідчить про тенденцію до незначного, але стабільного зростання транспортного попиту, що обумовлює необхідність врахування перспективної зміни обсягів перевезень під час планування роботи маршруту, визначення потреби в рухомому складі та оптимізації параметрів транспортного обслуговування.

1.6 Висновки по розділу

1. Розглянуто теоретичні та практичні аспекти організації міських автобусних перевезень, визначено основні етапи транспортного процесу та обґрунтовано їх значення для забезпечення ефективного транспортного обслуговування населення. Встановлено, що раціональна організація перевезень повинна базуватися на комплексному аналізі транспортного попиту, формуванні маршрутної мережі, виборі оптимального рухомого складу, розробленні раціонального розкладу руху, удосконаленні організації

дорожнього руху та постійному диспетчерському контролю роботи маршрутів.

2. У результаті виконаних розрахунків визначено параметри пасажиропотоків на досліджуваному маршруті. Встановлено, що максимальний пасажиропотік становить 510 пас./год і спостерігається на перегоні 5–6. На підставі аналізу величини пасажиропотоку обґрунтовано доцільність використання автобусів середнього класу. Проведене техніко-економічне порівняння автобусів Богдан А30251 та Etalon А08128 показало, що найбільш економічно ефективним є автобус Богдан А30251, експлуатаційні витрати якого становлять 1714,20 грн/год, що менше, ніж у альтернативного варіанта. Це забезпечує зниження витрат перевізника за збереження необхідної провізної спроможності маршруту.

3. Виконано розрахунок основних експлуатаційних показників роботи маршруту. Визначено, що для забезпечення перевезень необхідно 7 автобусів, які працюватимуть з інтервалом руху 7,4 хв, а час оберту автобуса становить 52 хв. Розраховані значення коефіцієнтів використання місткості свідчать про достатньо ефективне використання рухомого складу та відповідність його провізної спроможності існуючому транспортному попиту.

4. За результатами прогнозування встановлено, що у 2026 році очікується збільшення річного обсягу перевезень до 3191108 пасажирів, що на 55383 пасажири (1,77 %) більше порівняно з попереднім роком. Отриманий прогноз свідчить про поступове зростання транспортного попиту та підтверджує необхідність врахування перспективної зміни обсягів перевезень під час планування роботи маршруту, визначення потреби у рухомому складі та подальшого вдосконалення організації перевезень.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА РОЗКЛАДУ РУХУ

2.1 Визначення кількості автобусів за годинами доби

З метою забезпечення відповідності параметрів роботи маршруту фактичному транспортному попиту проводимо розрахунок пасажиропотоків для різних періодів його функціонування.

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

де $F_{\text{пik}}$ - пасажиропотік у ранкову годину пік, пас./год;

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

З 6:00 по 7:00 години ранку:

$$F_{6:00-7:00} = 510 \cdot 0,36 = 184 \text{ пас./год.}$$

Розрахунок пасажиропотоків для інших періодів роботи маршруту здійснено аналогічно. Для забезпечення наочності аналізу та зручності подальшого порівняння отримані результати узагальнено й представлено в табл. 2.1.

Для забезпечення відповідності провізної спроможності маршруту пасажиропотоку визначаємо необхідну кількість автобусів, що мають одночасно працювати на маршруті. Розрахунок здійснюємо за формулою:

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

Таблиця 2.1 – Пасажиропотоки та потрібна кількість автобусів

Години	Коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку	Пасажиропотік, пас./год	Потрібна кількість автобусів, од.	Скорегована кількість од.	Інтервал руху, хв.
6:00 - 7:00	0,36	184	3	3	17,3
7:00 - 8:00	0,87	444	6	6	8,7
8:00 - 9:00	1	510	7	7	7,4
9:00 - 10:00	0,85	434	6	6	8,7
10:00 - 11:00	0,58	296	4	4	13,0
11:00 - 12:00	0,41	209	3	3	17,3
12:00 - 13:00	0,35	179	3	3	17,3
13:00 - 14:00	0,44	224	3	3	17,3
14:00 - 15:00	0,58	296	4	4	13,0
15:00 - 16:00	0,73	372	5	5	10,4
16:00 - 17:00	0,93	474	7	7	7,4
17:00 - 18:00	0,81	413	6	6	8,7
18:00 - 19:00	0,67	342	5	5	10,4
19:00 - 20:00	0,45	230	3	3	17,3
20:00 - 21:00	0,41	209	3	3	17,3
21:00 - 22:00	0,26	133	2	3	17,3
22:00 - 23:00	0,18	92	2	3	17,3
23:00 - 00:00	0,16	82	2	3	17,3

З 6:00 по 7:00 години ранку:

$$A_{6:00-7:00} = \frac{184 \cdot 0,87}{68} = 3 \text{ од.}$$

Розрахунок необхідної кількості автобусів для інших періодів функціонування маршруту виконано із застосуванням аналогічного підходу. Результати розрахунків представлено в табл. 2.1.

Визначаємо максимальну кількість автобусів:

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

де $A_{\text{тик}}$ - максимальна кількість автобусів отримана за результатами розрахунку;

K_{ϕ} - коефіцієнт дефіциту автобусів.

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

Визначаємо мінімальну кількість автобусів:

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

де $I_{\max}$ - допустимий інтервал руху, хв.

$$A_{\min} = \frac{52}{20} = 3 \text{ од.}$$

На підставі отриманих розрахункових значень мінімальної та максимальної потреби в рухомому складі виконуємо коригування розрахункової кількості автобусів. Скориговані значення кількості автобусів наведено в табл. 2.1.

Для наочного відображення результатів проведених розрахунків побудовано діаграми, які характеризують зміну величини пасажиропотоку протягом різних періодів роботи маршруту (рис. 2.1) та відповідну зміну

необхідної кількості автобусів для забезпечення належного рівня транспортного обслуговування (рис. 2.2).

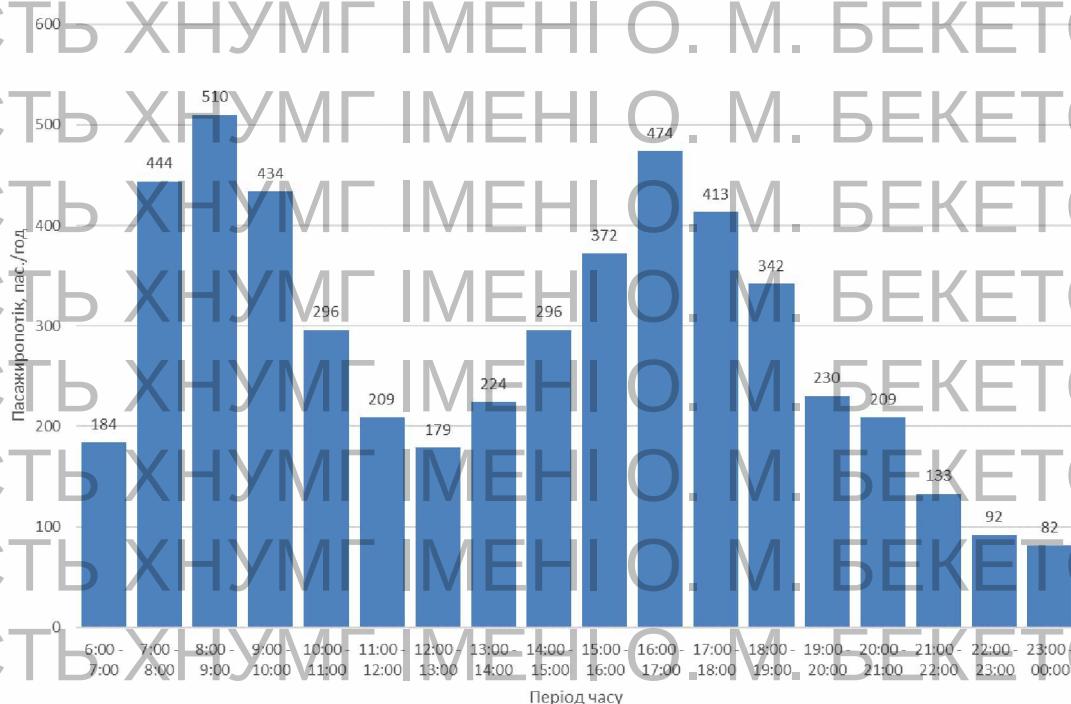


Рисунок 2.1 - Діаграма зміну величини пасажиропотоку протягом різних періодів роботи маршруту



Рисунок 2.2 - Діаграма зміни потрібної кількості автобусів

2.2 Розробка графіку роботи водіїв і автобусів

Розроблення графіку роботи водіїв і автобусів здійснюємо відповідно до чинних вимог щодо організації режимів праці та відпочинку водіїв, а також рекомендацій, наведених у роботах [1, 6]. Під час побудови графіка враховуються тривалість роботи маршруту, зміна пасажиропотоків протягом доби, необхідна кількість автобусів у різні періоди експлуатації та нормативні обмеження щодо робочого часу водіїв.

Сформований графік наведено на рис. 2.3.

Для оцінювання раціональності побудованого графіка визначаємо коефіцієнт ефективності його побудови:

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

де AG_{nom} – автомобіле-години потрібні виходячи з розрахунку;

AG_{nob} – автомобіле-години отримані при складанні графіку.

$$K_{ef} = \frac{81}{77} = 0,951.$$

Отримане значення коефіцієнта ефективності відповідає встановленим нормативним вимогам та задовольняє критеріям оцінювання якості побудови графіка.

Наступним етапом виконується побудова маршрутного розкладу руху автобусів.

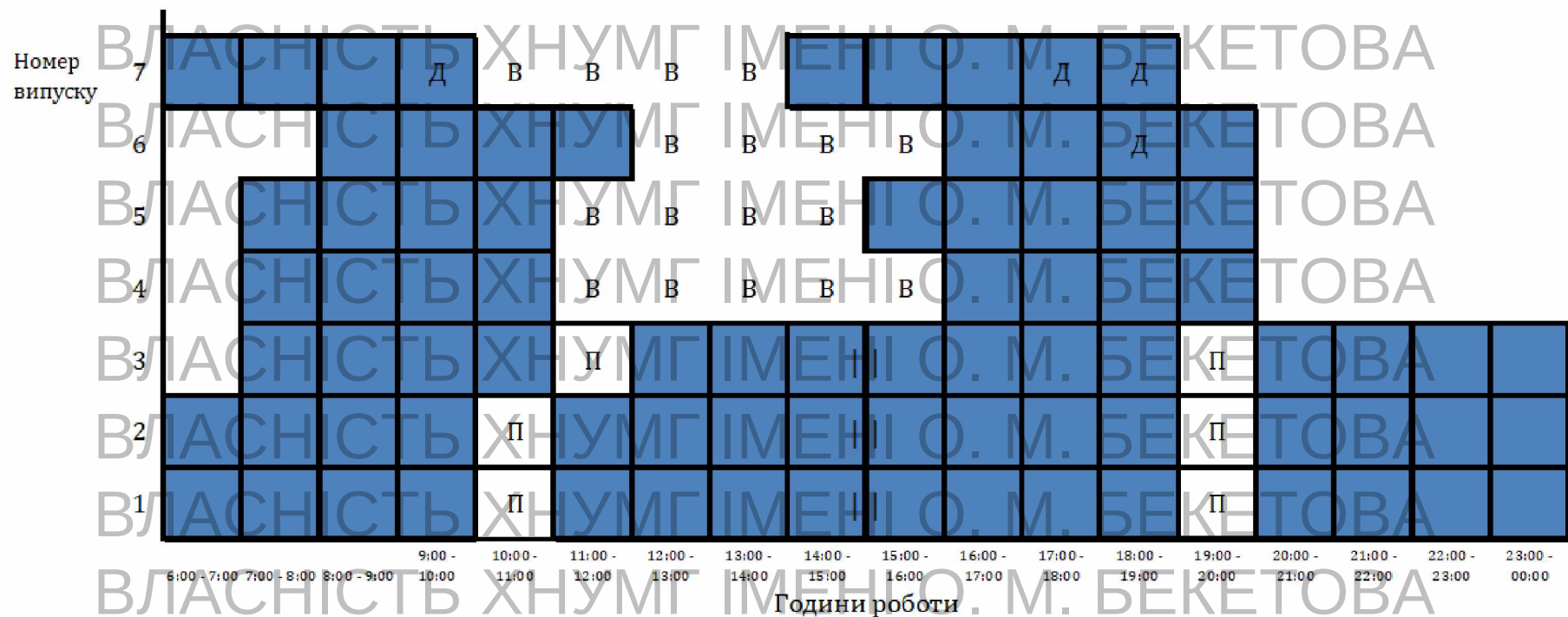


Рисунок 2.3 - Графік роботи водіїв і автобусів

2.3 Розробка маршрутного розкладу

Розробку маршрутного розкладу починаємо з встановлення інтервалів руху автобусів для різних періодів доби:

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

з 6:00 по 7:00 ранку:

$$I_{6:00-7:00} = \frac{52}{3} = 17,3 \text{ хв.}$$

Аналогічно визначено інтервали руху автобусів для інших періодів функціонування маршруту. Отримані результати представлено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Інтервали руху автобусів для різних періодів доби

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

На підставі розрахованих інтервалів руху автобусів для кожного періоду доби, відповідно до методики, наведеної в роботах [1, 6], виконуємо побудову стрічкового графіка руху автобусів. Побудований стрічковий графік наведено на рис. 2.4.

На основі стрічкового графіка розробляємо маршрутний розклад руху автобусів, у якому визначаються часи відправлення та прибуття транспортних засобів на кінцеві зупинки протягом усього періоду роботи маршруту. Розроблений розклад наведено в табл. 2.3.

Після формування маршрутного розкладу визначаємо час виїзду кожного випуску з автотранспортного підприємства (АТП):

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

де $t_{\text{відпрКЗ1}}$ - час початку роботи на маршруті;

t_0 - час виконання нульового пробігу.

Визначаємо час заїзду до АТП:

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

де $t_{\text{прибКЗ1}}$ - час завершення роботи на маршруті.

Час виконання нульового пробігу:

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

де l_0 - нульовий пробіг, км;

V_m - технічна швидкість, км/год.

Номер
випуску

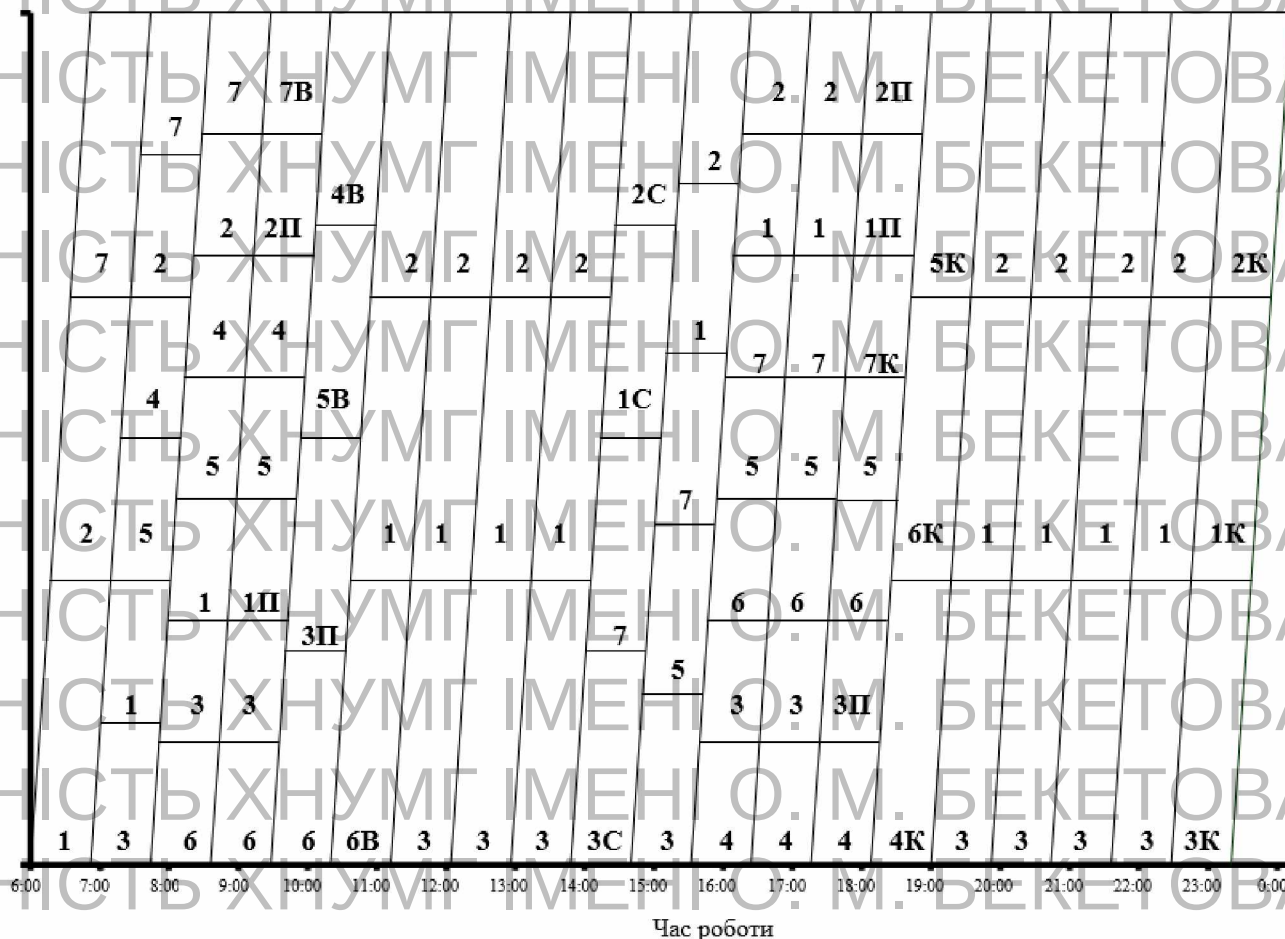


Рисунок 2.4 - Стрічковий графік руху автобусів

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

$$t_0 = \frac{5,2 \cdot 60}{28} = 10 \text{ хв.}$$

Для автобусу першого випуску:

$$t_{\text{виїзд}} = 6:00 - 0:11 = 5:49 \text{ год,}$$

$$t_{\text{заїзд}} = 23:37 + 0:11 = 23:48 \text{ год.}$$

Результати розрахунку для автобусів інших випусків наведено у табл.

2.4.

Наступним етапом є визначення часу перебування автобусів у наряді, який характеризує тривалість роботи кожного транспортного засобу з моменту виїзду з автотранспортного підприємства до повернення після завершення експлуатації на маршруті. Розрахунок цього показника виконуємо за такою формулою:

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

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

Для автобусу першого випуску:

$$T_{n1} = 23:48 - 5:49 - (0:54 + 0:32) = 16:32 \text{ год.}$$

Результати розрахунку для автобусів інших випусків наведено у табл.

2.4.

Таблиця 2.4 – Характеристика режимів праці та відпочинку водіїв

Випуск			1	2	3	4	5	6	7
Час виїзду			5:49	6:06	6:41	7:07	6:58	7:33	6:23
Час заїзду			23:48	0:05	23:31	19:11	19:45	19:28	18:48
Час перерви (відстоїв)	Перша зміна		0:54	0:49	0:39	4:33	4:04	4:34	3:48
	Друга зміна		0:32	0:42	0:44				
Час роботи	Перша зміна (до відстою)	до перерви	3:42	3:47	3:41	3:41	3:36	3:28	3:37
		після перерви	4:28	4:24	3:28				
	Друга зміна (після відстою)	до перерви	3:33	3:30	3:35	3:28	4:44	3:30	4:36
		після перерви	4:20	4:20	4:20				
Час у наряді			16:32	16:27	15:26	7:31	8:42	7:20	8:36
Кількість обертів			18	18	17	8	9	8	9

Аналіз даних табл. 2.4 вказує на те, що розроблений маршрутний розклад забезпечує дотримання вимог трудового законодавства.

2.4 Висновки по розділу

1. На підставі коефіцієнтів нерівномірності визначено погодинну зміну величини пасажиропотоку, що дало змогу встановити необхідну кількість автобусів для кожного періоду доби. Встановлено, що максимальна потреба у рухомому складі становить 7 автобусів у години найбільшого транспортного навантаження, тоді як у періоди мінімального попиту для забезпечення нормативного інтервалу руху достатньо 3 автобусів.

2. На основі розрахованої потреби в автобусах розроблено графік роботи водіїв і транспортних засобів. Отримане значення коефіцієнта ефективності побудови графіка 0,951 свідчить про його раціональність.

3. Виконано побудову стрічкового графіка руху автобусів та розроблено маршрутний розклад, у якому визначено часи відправлення й прибуття автобусів на кінцеві зупинки, а також розраховано часи виїзду з автотранспортного підприємства і повернення після завершення роботи.

Додатково визначено тривалість перебування автобусів у наряді, кількість виконаних обертів та режими праці й відпочинку водіїв.

РОЗДІЛ 3

ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ МАРШРУТУ

3.1 Інтенсивності руху на перехресті

На першому етапі виконується побудова схеми досліджуваного перехрестя, на якій відображаються основні напрямки руху транспортних засобів та пішоходів. На схемі зазначаються значення інтенсивності транспортних і пішохідних потоків для кожного напрямку руху, що дає змогу оцінити завантаженість перехрестя, виявити найбільш напружені транспортні та пішохідні потоки, а також створити основу для подальшого аналізу організації дорожнього руху. Сформована схема наведена на рис. 3.1.

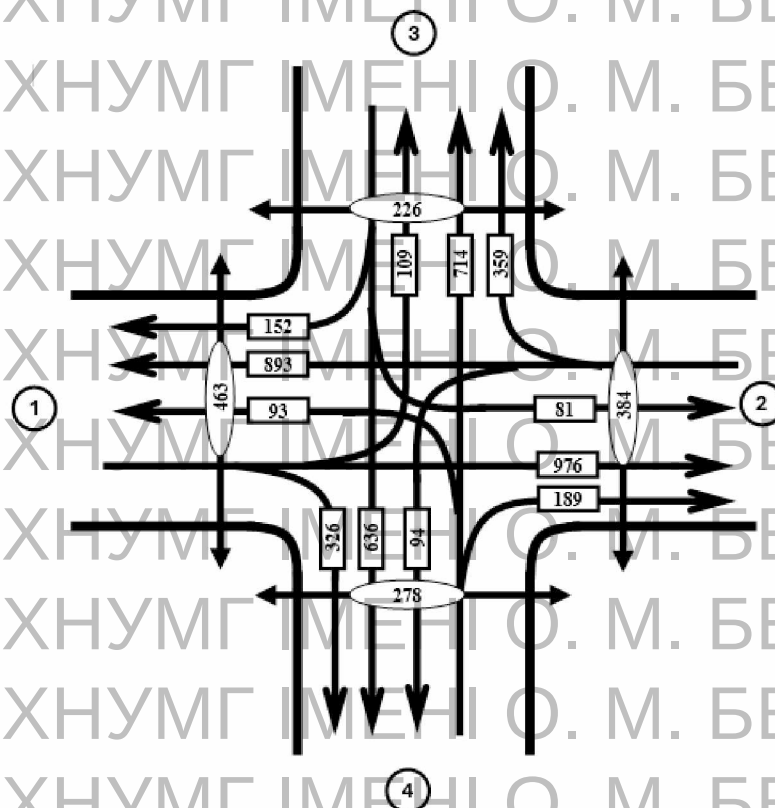


Рисунок 3.1 – Схема інтенсивностей руху на перехресті

Найбільша інтенсивність руху спостерігається у напрямку 1-2, де потік становить 976 авт./год, а також у напрямку 2-1 – 893 авт./год. Інтенсивність пішохідного руху представлена на всіх чотирьох пішохідних переходах. Найбільший пішохідний потік зафіксовано на підходах 1 величина якого становить 463 піш./год, тоді як на протилежному переході його значення дорівнює 384 піш./год.

3.2 Інженерне оснащення перехрестя

Досліджуване перехрестя обладнуємо комплексом технічних засобів організації дорожнього руху (ТЗОДР), які забезпечують безпечний та ефективний проїзд транспортних засобів та рух пішоходів (рис. 3.2).

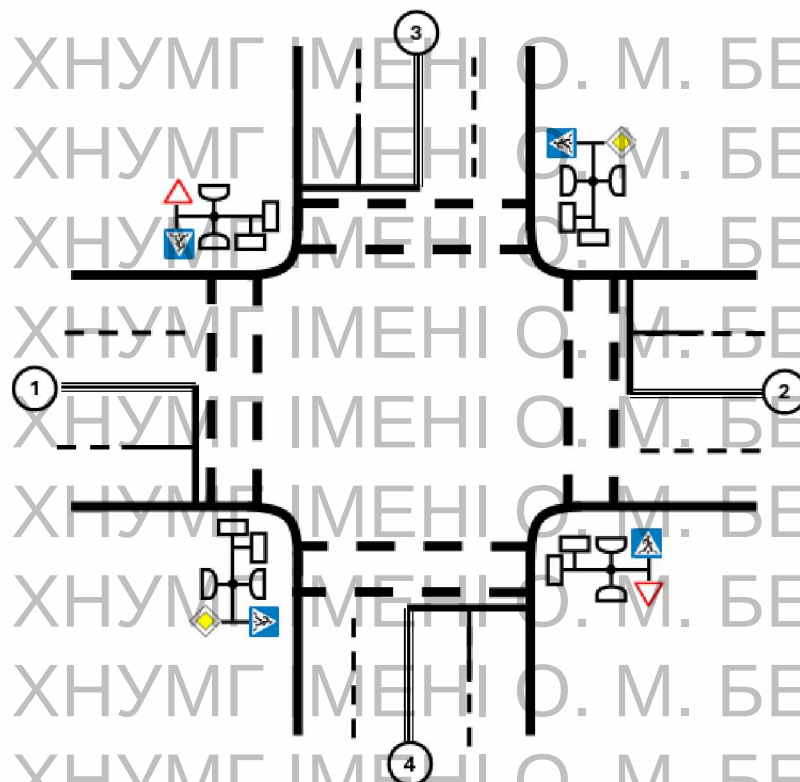


Рисунок 3.2 – Схема інженерного оснащення перехрестя ТЗОДР

До складу інженерного оснащення входять дорожні знаки, дорожня розмітка, світлофори, пішохідні переходи та елементи вулично-дорожньої інфраструктури.

На підходах до перехрестя встановлені дорожні знаки пріоритету, що регламентують порядок руху транспортних засобів. Проїзна частина обладнана горизонтальною дорожньою розміткою, яка визначає межі смуг руху, напрямки руху по смугах, місця зупинки транспортних засобів перед світлофорами та пішохідними переходами. Для забезпечення безпеки пішоходів на всіх підходах до перехрестя влаштовані наземні регульовані пішохідні переходи, позначені дорожньою розміткою та відповідними дорожніми знаками.

3.3 Схема пофазного роз'їзду

Для забезпечення безпечного та впорядкованого пропуску транспортних і пішохідних потоків на досліджуваному перехресті застосовується світлофорне регулювання. Схема пофазного роз'їзду передбачає розділення конфліктних транспортних і пішохідних потоків у часі шляхом надання права руху окремим групам учасників дорожнього руху в межах визначених фаз.

З урахуванням конфігурації перехрестя та інтенсивності руху доцільним є застосування двофазного регулювання (рис. 3.3, 3.4).

Запропонована схема пофазного роз'їзду забезпечує розділення основних конфліктних потоків, підвищує рівень безпеки дорожнього руху та створює умови для ефективного використання пропускнуої спроможності перехрестя. На основі прийнятої схеми надалі виконуються розрахунки тривалості циклу світлофорного регулювання та визначаються параметри роботи світлофорного об'єкта.

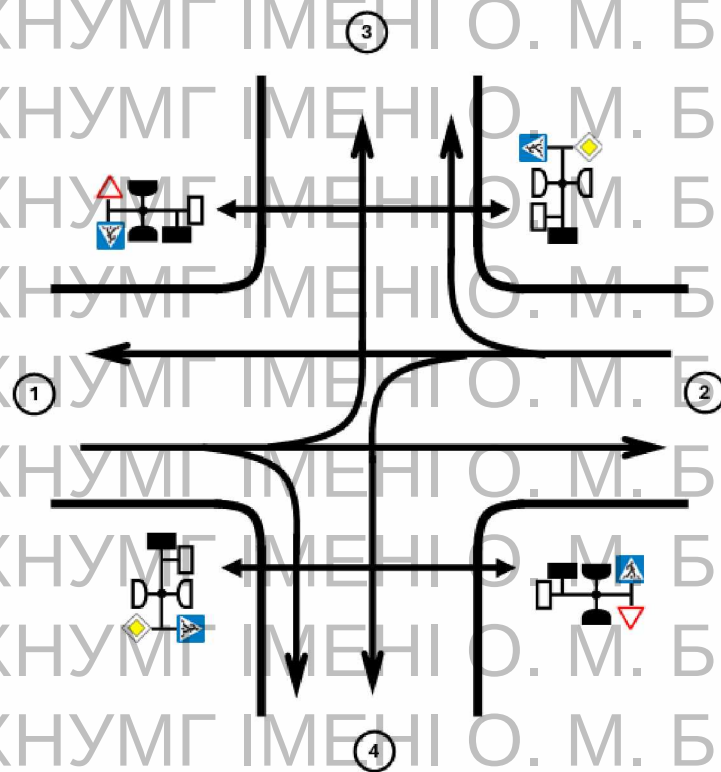


Рисунок 3.3 – Перша фаза регулювання

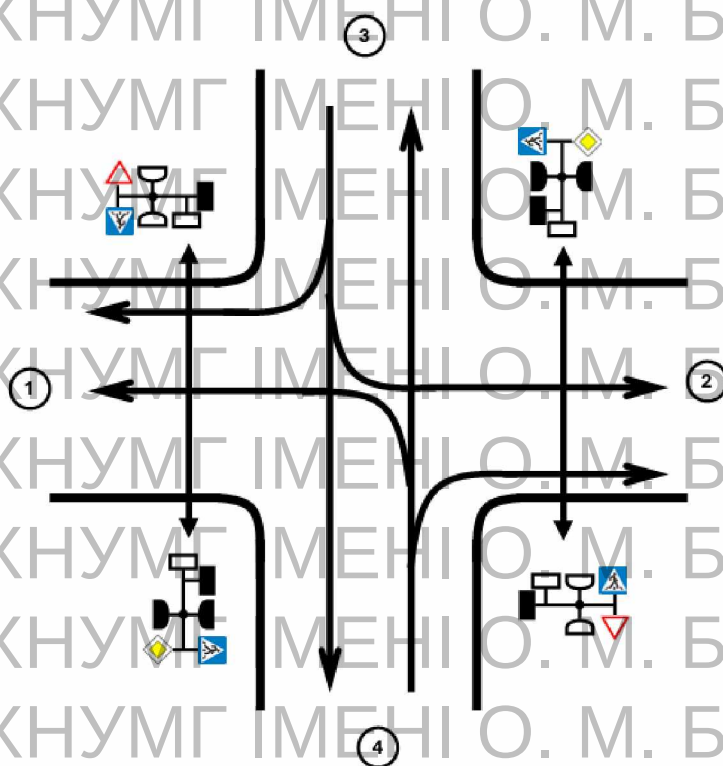


Рисунок 3.4 – Друга фаза регулювання

3.4 Параметри роботи світлофорного об'єкта

Параметри роботи світлофорного об'єкта визначаються на основі інтенсивності транспортних і пішохідних потоків, схеми пофазного роз'їзду та вимог безпеки дорожнього руху. Основним завданням світлофорного регулювання є забезпечення ефективного пропуску транспортних засобів і пішоходів із мінімальними затримками та виключенням конфліктних ситуацій.

Для визначення пропускної спроможності смуг руху на підходах до перехрестя виконується розрахунок величини потоку насичення. Потік насичення характеризує максимальну кількість транспортних засобів, яка може пройти через стоп-лінію за одну годину безперервного руху під час увімкнення дозволяючого сигналу світлофора. Розрахунок потоку насичення здійснюється за відповідною формулою:

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

$B_{пч}$ – ширина проїзної частини у напрямку, що розглядається, м;

K_R , K_i , K_C – коригуючі коефіцієнти, що враховують повздовжній ухил, радіус руху поворотних потоків та склад потоку.

Під час розрахунків приймаємо, що коригуючі коефіцієнти, що враховують повздовжній ухил, радіус руху поворотних потоків мають значення 1,0.

Коригуючий коефіцієнт, що враховує склад потоку визначаємо так:

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

де a, b, c – відсотковий розподіл транспортного потоку за напрямками руху через перехрестя (прямо, ліворуч, праворуч), %.

$$M_{H1(1-2, 1-3, 1-4)} = 525 \cdot 7 \cdot (100 / (69,2 + 1,75 \cdot 7,7 + 1,25 \cdot 23,1)) = 3294 \text{ авт./год.}$$

$$M_{H1(2-1, 2-3, 2-4)} = 525 \cdot 7 \cdot (100 / (66,3 + 1,75 \cdot 7,0 + 1,25 \cdot 26,7)) = 3284 \text{ авт./год.}$$

$$M_{H2(3-1, 3-2, 3-4)} = 525 \cdot 7 \cdot (100 / (73,2 + 1,75 \cdot 9,3 + 1,25 \cdot 17,5)) = 3300 \text{ авт./год.}$$

$$M_{H2(4-1, 4-2, 4-3)} = 525 \cdot 7 \cdot (100 / (71,7 + 1,75 \cdot 9,3 + 1,25 \cdot 19,0)) = 3289 \text{ авт./год.}$$

Отримані значення потоку насичення використовується для подальшого визначення фазових коефіцієнтів, розрахунку оптимальної тривалості циклу світлофорного регулювання та оцінювання пропускної спроможності досліджуваного перехрестя.

Здійснюємо розрахунок фазових коефіцієнтів:

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

де $N_{np\ ij}$ – інтенсивність руху у j -ому напрямку в i -ій фазі світлофорного циклу, авт./год.

$$Y_{1(1-2, 1-3, 1-4)} = 1411 / 3294 = 0,428.$$

$$Y_{1(2-1, 2-3, 2-4)} = 1346 / 3284 = 0,410.$$

$$Y_{2(3-1, 3-2, 3-4)} = 869 / 3300 = 0,263.$$

$$Y_{2(4-1, 4-2, 4-3)} = 996/3289 = 0,303.$$

Для кожної фази обирається максимальне значення фазового коефіцієнта, яке характеризує найбільш завантажений транспортний потік у межах відповідної фази та використовується в подальших розрахунках параметрів світлофорного регулювання.

За результатами розрахунків для першої фази максимальний фазовий коефіцієнт становить 0,428, тому саме це значення приймається як розрахункове. Для другої фази найбільше значення фазового коефіцієнта дорівнює 0,303, яке також приймається як розрахункове.

Результати розрахунку наводимо у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Фазові коефіцієнти та потоки насичення

Фаза	I		II	
	1	2	3	4
Номер підходу	1	2	3	4
Інтенсивність руху, авт./год	1411	1346	869	996
Потоки насичення, авт./год	3294	3284	3300	3289
Фазовий коефіцієнт	0,428	0,410	0,263	0,303
Розрахунковий фазовий коефіцієнт	0,428		0,303	

Визначаємо час проміжних тактів:

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

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

a_t – сповільнення транспортного засобу при гальмуванні;

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

l_a – середня довжина автомобіля, м.

Час проміжного такту для I та II фаз дорівнює:

$$t_n = \frac{47}{7,2 \cdot 4} + \frac{3,6 \cdot (14,9 + 5,5)}{47} = 4 \text{ с.}$$

Визначаємо час світлофорного циклу:

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

де T_n – сума проміжних тактів у всіх фазах регулювання, с;

Y – сума розрахункових фазових коефіцієнтів у всіх фазах регулювання.

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

де k – кількість фаз регулювання у циклі.

$$T_n = 4 + 4 = 8 \text{ с.}$$

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

$$Y = 0,428 + 0,303 = 0,731.$$

$$T_u = \frac{1,5 \cdot 8 + 5}{1 - 0,731} = 63 \text{ с.}$$

Для забезпечення безпечного переходу проїзної частини пішоходами визначається час, необхідний для перетину дороги. Розрахунок виконується з урахуванням ширини проїзної частини та середньої швидкості руху пішоходів. Отримане значення використовується для встановлення мінімально необхідної тривалості дозволяючого сигналу для пішоходів у відповідній фазі світлофорного регулювання:

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

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

$$t_{nu(1,2)} = \frac{14}{1,3} + 5 = 16 \text{ с.}$$

$$t_{nu(3,4)} = \frac{14}{1,3} + 5 = 16 \text{ с.}$$

Визначаємо час основних тактів:

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

$$t_{oi} = \frac{(63 - 8) \cdot 0,428}{0,731} = 32 \text{ с.}$$

$$t_{oi} = \frac{(63 - 8) \cdot 0,303}{0,731} = 23 \text{ с.}$$

Для оцінювання ефективності роботи світлофорного об'єкта та рівня обслуговування транспортних потоків на перехресті визначається середня

затримка транспортних засобів. Цей показник характеризує середній час очікування одного автомобіля перед проїздом перехрестя та є одним з основних критеріїв оцінювання якості організації дорожнього руху. Розрахунок середньої затримки автомобілів виконується за такою формулою:

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

де $t_{\Delta Pj}$ – середня затримка для j -ого напрямку, с.

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

де λ – відношення часу основного такту до часу циклу.

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

$$\lambda_1 = 32/63 = 0,508; \lambda_2 = 23/63 = 0,365.$$

Для оцінювання рівня завантаження окремих напрямків руху на перехресті визначається ступінь насичення транспортного потоку. Цей показник характеризує співвідношення фактичної інтенсивності руху до пропускної спроможності напрямку та дозволяє оцінити ефективність використання наданого часу зеленого сигналу.

Розрахунок ступеня насичення виконується за формулою:

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

$$X_{1(1-2, 1-3, 1-4)} = \frac{1411 \cdot 63}{3294 \cdot 32} = 0,843.$$

$$X_{1(2-1, 2-3, 2-4)} = \frac{1346 \cdot 63}{3284 \cdot 32} = 0,807.$$

$$X_{2(3-1, 3-2, 3-4)} = \frac{869 \cdot 63}{3300 \cdot 23} = 0,721.$$

$$X_{2(4-1, 4-2, 4-3)} = \frac{996 \cdot 63}{3289 \cdot 23} = 0,830.$$

Виконуємо розрахунок затримок для першого підходу до перехрестя:

$$t_{\Delta Pj(1-2, 1-3, 1-4)} = 0,9 \cdot \left[\frac{63 \cdot (1 - 0,508)^2}{2 \cdot (1 - 0,508 \cdot 0,843)} + \frac{0,843^2}{2 \cdot 1411 \cdot (1 - 0,843)} \right] = 12,01 \text{ с.}$$

Значення затримок автомобілів для інших підходів до перехрестя надано у табл. 3.2.

Середня затримка по перехрестю:

$$\overline{t_{\Delta P}^{**}} = \frac{12,01 \cdot 1411 + 11,63 \cdot 1346 + 15,51 \cdot 869 + 16,40 \cdot 996}{1411 + 1346 + 869 + 996} = 13,50 \text{ с.}$$

Аналогічно визначаємо затримки для існуючого світлофорного циклу (табл. 3.3).

Таблиця 3.2 – Затримки автомобілів (скорегований світлофорний цикл)

Номер фази	I		II	
Номер підходу	1	2	3	4
Основний такт, с	32		23	
Проміжний такт, с	4		4	
Час циклу, с	63			
Потік насичення, авт./год	3294	3284	3300	3289
Інтенсивність руху, авт./год	1411	1346	869	996
Відношення часу основного такту до часу циклу	0,508	0,508	0,365	0,365
Ступінь насичення транспортного потоку	0,843	0,807	0,721	0,830
Затримка за напрямками, с.	12,01	11,63	15,51	16,40
Середня затримка, с	13,50			

Таблиця 3.3 – Затримки автомобілів (наявний світлофорний цикл)

Номер фази	I		II	
Номер підходу	1	2	3	4
Основний такт, с	35		25	
Проміжний такт, с	4		4	
Час циклу, с	68			
Потік насичення, авт./год	3294	3284	3300	3289
Інтенсивність руху, авт./год	1411	1346	869	996
Відношення часу основного такту до часу циклу	0,515	0,515	0,368	0,368
Ступінь насичення транспортного потоку	0,832	0,796	0,716	0,824
Затримка за напрямками, с.	12,61	12,21	16,61	17,55
Середня затримка, с	14,31			

Для оцінювання ефективності запропонованих заходів з удосконалення організації дорожнього руху на перехресті визначається зміна середньої затримки транспортних засобів. Цей показник характеризує величину скорочення або збільшення часу очікування автомобілів після впровадження нового режиму світлофорного регулювання порівняно з існуючими умовами руху. Розрахунок зміни середньої затримки виконується за формулою:

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

$$\Delta \bar{t} = 14,31 - 13,50 = 0,81 \text{ с.}$$

Результати розрахунків показують, що впровадження запропонованого циклу позитивно вплине на умови руху на досліджуваному перехресті. Зокрема, середня затримка транспортних засобів на перехресті зменшиться на 0,81 с порівняно з існуючим режимом регулювання.

Скорочення середньої затримки свідчить про підвищення ефективності організації дорожнього руху, покращення пропускної спроможності перехрестя та зменшення втрат часу учасниками дорожнього руху. Крім того, зниження затримок сприяє зменшенню довжини черг на підходах до перехрестя та зниженню експлуатаційних витрат транспортних засобів.

Отримані результати підтверджують доцільність застосування запропонованого режиму світлофорного регулювання та свідчать про його ефективність щодо оптимізації руху транспортних потоків на досліджуваному перехресті.

3.5 Висновки по розділу

1. Розроблено схему інженерного оснащення перехрестя, що включає необхідні ТЗОДР, а також запропоновано двофазну схему світлофорного регулювання, яка забезпечує розділення конфліктних транспортних і пішохідних потоків та підвищує безпеку дорожнього руху.
2. Встановлено оптимальну тривалість світлофорного циклу, яка становить 63 с, у тому числі 32 с для першої фази, 23 с для другої фази та по 4 с проміжного такту для кожної фази. Виконані розрахунки показали, що всі напрямки руху працюють без перевищення допустимого рівня завантаження, оскільки значення ступенів насичення знаходяться в межах від 0,721 до

0,843. Це свідчить про достатню пропускну спроможність перехрестя та можливість ефективного пропуску наявних транспортних потоків.

3. Порівняльний аналіз показників роботи перехрестя до та після впровадження запропонованого режиму світлофорного регулювання засвідчив його ефективність. Середня затримка транспортних засобів зменшується з 14,31 с до 13,50 с, тобто на 0,81 с. Отриманий результат свідчить про покращення умов руху, зменшення транспортних втрат часу, підвищення пропускну спроможності перехрестя та зниження ймовірності утворення черг на підходах до нього.

ВИСНОВКИ

1. Розглянуто теоретичні та практичні аспекти організації міських автобусних перевезень, визначено основні етапи транспортного процесу та обґрунтовано їх значення для забезпечення ефективного транспортного обслуговування населення. Встановлено, що раціональна організація перевезень повинна базуватися на комплексному аналізі транспортного попиту, формуванні маршрутної мережі, виборі оптимального рухомого складу, розробленні раціонального розкладу руху, удосконаленні організації дорожнього руху та постійному диспетчерському контролі роботи маршрутів.

2. У результаті виконаних розрахунків визначено параметри пасажиропотоків на досліджуваному маршруті. Встановлено, що максимальний пасажиропотік становить 510 пас./год і спостерігається на перегоні 5–6. На підставі аналізу величини пасажиропотоку обґрунтовано доцільність використання автобусів середнього класу. Проведене техніко-економічне порівняння автобусів Богдан А30251 та Etalon А08128 показало, що найбільш економічно ефективним є автобус Богдан А30251, експлуатаційні витрати якого становлять 1714,20 грн/год, що менше, ніж у альтернативного варіанта. Це забезпечує зниження витрат перевізника за збереження необхідної провізної спроможності маршруту.

3. Виконано розрахунок основних експлуатаційних показників роботи маршруту. Визначено, що для забезпечення перевезень необхідно 7 автобусів, які працюватимуть з інтервалом руху 7,4 хв, а час оберту автобуса становить 52 хв. Розраховані значення коефіцієнтів використання місткості свідчать про достатньо ефективне використання рухомого складу та відповідність його провізної спроможності існуючому транспортному попиту.

4. За результатами прогнозування встановлено, що у 2026 році очікується збільшення річного обсягу перевезень до 3191108 пасажирів, що на 55383 пасажирів (1,77 %) більше порівняно з попереднім роком. Отриманий прогноз свідчить про поступове зростання транспортного попиту та підтверджує необхідність врахування перспективної зміни обсягів перевезень під час планування роботи маршруту, визначення потреби у рухомому складі та подальшого вдосконалення організації перевезень.

5. На підставі коефіцієнтів нерівномірності визначено погодинну зміну величини пасажиропотоку, що дало змогу встановити необхідну кількість автобусів для кожного періоду доби. Встановлено, що максимальна потреба у рухомому складі становить 7 автобусів у години найбільшого транспортного навантаження, тоді як у періоди мінімального попиту для забезпечення нормативного інтервалу руху достатньо 3 автобусів.

6. На основі розрахованої потреби в автобусах розроблено графік роботи водіїв і транспортних засобів. Отримане значення коефіцієнта ефективності побудови графіка 0,951 свідчить про його раціональність.

7. Виконано побудову стрічкового графіка руху автобусів та розроблено маршрутний розклад, у якому визначено часи відправлення й прибуття автобусів на кінцеві зупинки, а також розраховано часи виїзду з автотранспортного підприємства і повернення після завершення роботи. Додатково визначено тривалість перебування автобусів у наряді, кількість виконаних обертів та режими праці й відпочинку водіїв.

8. Розроблено схему інженерного оснащення перехрестя, що включає необхідні ТЗОДР, а також запропоновано двофазну схему світлофорного регулювання, яка забезпечує розділення конфліктних транспортних і пішохідних потоків та підвищує безпеку дорожнього руху.

9. Встановлено оптимальну тривалість світлофорного циклу, яка становить 63 с, у тому числі 32 с для першої фази, 23 с для другої фази та по 4 с проміжного такту для кожної фази. Виконані розрахунки показали, що всі

напрямки руху працюють без перевищення допустимого рівня завантаження, оскільки значення ступенів насичення знаходяться в межах від 0,721 до 0,843. Це свідчить про достатню пропускну спроможність перехрестя та можливість ефективного пропуску наявних транспортних потоків.

10. Порівняльний аналіз показників роботи перехрестя до та після впровадження запропонованого режиму світлофорного регулювання засвідчив його ефективність. Середня затримка транспортних засобів зменшується з 14,31 с до 13,50 с, тобто на 0,81 с. Отриманий результат свідчить про покращення умов руху, зменшення транспортних втрат часу, підвищення пропускну спроможності перехрестя та зниження ймовірності утворення черг на підходах до нього.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Вакуленко К. Є., Доля К. В. Управління міським пасажирським транспортом: навч. посібник. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. 257 с.
2. Босняк М.Г. Пасажирські автомобільні перевезення. Навчальний посібник. Київ: Слово, 2009. 272 с.
3. Кашканов В. А., Кашканов А. А., Варчук В. В. Організація автомобільних перевезень: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2017. 139 с.
4. 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.
5. Доля В. К. Пасажирські перевезення: підручник Харків: Форт, 2010. 504 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. Понкратов Д. П., Давідіч Н. В. Рациональні сфери використання автобусів різного класу пасажиромісткості. *Автомобильный транспорт*. Харків, 2018. Вип. 43. С. 71–77.
9. Понкратов Д. П. Діапазони пасажиропотоку раціонального використання автобусів певного класу пасажиромісткості на міських маршрутах різної протяжності. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2018. Вип. 7 (146). С. 46–54.
10. Лобашов О. О., Прасоленко О. В. Практикум з дисципліни «Організація дорожнього руху»: навч. посіб. Харків: ХНАМГ, 2011. 221 с.
11. Кашканов А. А., Кужель В. П. Організація дорожнього руху: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2017. 125 с.