

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 6370 пасажирів**

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

Репінецький Вадим Ігорович

Керівник Куш Є. І.

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**
Репінецькому Вадиму Ігоровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Проектування організації перевезень на міському автобусному маршруті з добовим обсягом перевезень 6370 пасажирів

керівник кваліфікаційної роботи Куш Євген Іванович, к.т.н., проф.
(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)

Репінецький В. І.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Куш Є. І.

(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	322	0	10	151	0
2	77	4	9	55	2
3	61	11	8	32	5
4	42	12	7	35	9
5	28	27	6	29	15
6	19	33	5	21	22
7	12	42	4	17	26
8	10	55	3	11	32
9	4	77	2	4	78
10	0	314	1	0	166

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	0,91	0,69	1,21	0,82	0,92	0,88	1,12	0,95	1,2

Таблиця 3 - Параметри маршруту

Показники	Значення
Експлуатаційна швидкість, км/год	20
Технічна швидкість, км/год	27
Відстань нульового пробігу, км	3,2
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	205356	225061	244777
Лютий	217905	216293	200097
Березень	196752	217040	223711
Квітень	216710	207788	221137
Травень	216710	216880	206147
Червень	211531	231828	243191
Липень	184044	179104	178242
Серпень	182451	192116	207775
Вересень	213921	238169	225414
Жовтень	216710	202533	202587
Листопад	204361	220833	214164
Грудень	218303	209986	215587

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	0,21	0,78	1	0,89	0,57	0,53	0,42	0,37	0,46	0,73	0,92	0,87	0,62	0,43	0,37	0,31	0,17	0,12

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 (3,2)			3,5 (3,2)		
Напрямок руху	1-2	1-3	1-4	2-1	2-4	2-3
Інтенсивність руху, авт./год	803	108	294	834	97	316
Інтенсивність пішохідних потоків, пас./год	288			376		
Номер підходу до перехрестя	3			4		
Кількість смуг руху, од.	2			2		
Ширина першої смуги руху (другої), м	3,5 (3,2)			3,5 (3,2)		
Напрямок руху	3-4	3-2	3-1	4-3	4-1	4-2
Інтенсивність руху, авт./год	586	82	116	725	88	163
Інтенсивність пішохідних потоків, пас./год	161			172		

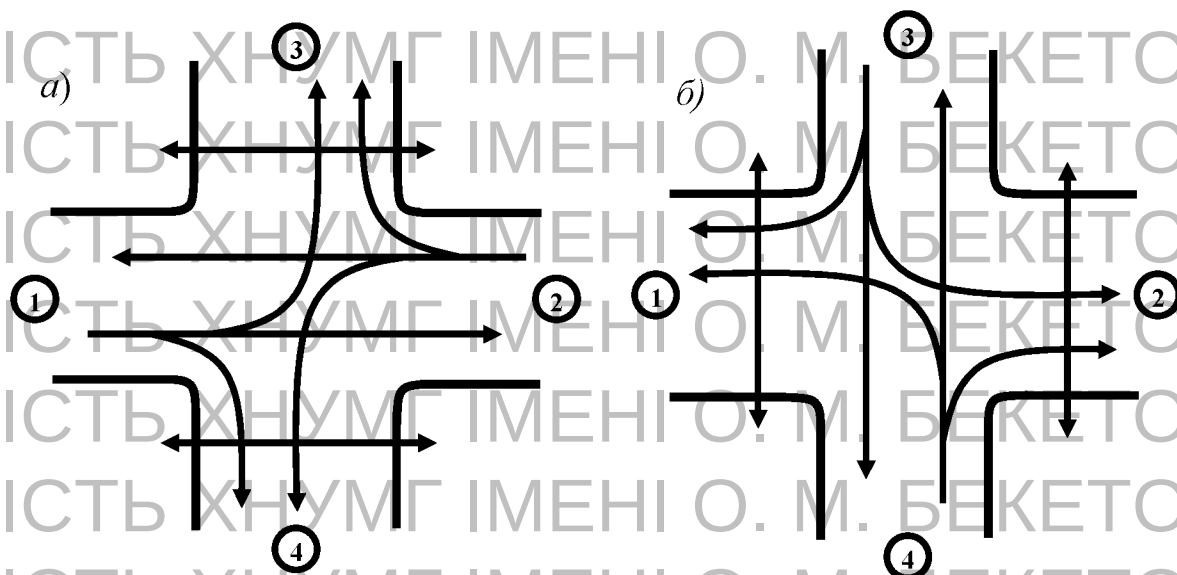


Рисунок 1 – Існуюча схема пофазного роз'їзду:

а) I фаза; б) II фаза.

Таблиця 7 – Характеристики існуючого циклу світлофорного регулювання

Номер фази	1	2
Час основного такту, с	34	26
Час проміжного такту, с	4	4
Час циклу, с	68	

Студент _____

(підпис)

Керівник роботи _____

(підпис)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота налічує 77 сторінок пояснювальної записки, 13 ілюстрацій, 12 таблиць, 12 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: міський автобусний маршрут з добовим обсягом перевезень 6370 пасажирів.

Мета роботи – розробка заходів з організації перевезень на міському автобусному маршруті з добовим обсягом перевезень 6370 пасажирів.

Метод дослідження: аналітичний.

У кваліфікаційній роботі на основі аналізу пасажиропотоків і результатів оцінювання експлуатаційних витрат для роботи на маршруті обґрунтовано доцільність використання автобусів Isuzu 092H6. Виконані техніко-експлуатаційні розрахунки дали змогу визначити необхідну кількість рухомого складу та забезпечити раціональний інтервал руху автобусів.

Також здійснено прогнозування обсягів пасажирських перевезень, результати якого свідчать про очікуване зростання транспортної роботи на маршруті. За результатами графоаналітичних розрахунків розроблено стрічковий графік руху та маршрутний розклад. Крім того, визначено раціональні параметри світлофорного регулювання на досліджуваному перехресті, впровадження яких сприятиме зменшенню затримок транспортних засобів і підвищенню ефективності організації дорожнього руху.

Рекомендації з впровадження: розробки можуть використані під час організації перевезень пасажирів.

ПАСАЖИРСЬКІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ, МАРШРУТ, РОЗКЛАД РУХУ,
ОРГАНІЗАЦІЯ РУХУ, ЦИКЛ СВІТЛОФОРНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
Розділ 1 ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ.....	12
1.1 Аналіз методів організації міських перевезень.....	12
1.2 Розрахунок пасажиропотоків.....	30
1.3 Вибір марки автобусу.....	34
1.4 Розрахунок техніко-експлуатаційних показників.....	40
1.5 Прогнозування обсягів перевезень.....	45
1.6 Висновки по розділу.....	46
Розділ 2 РОЗРОБКА РОЗКЛАДУ РУХУ.....	48
2.1 Визначення потрібної кількості автобусів у різні періоди доби.....	48
2.2 Розробка графіку роботи водіїв та автобусів на маршруті.....	51
2.3 Розробка маршрутного розкладу.....	54
2.4 Висновки по розділу.....	59
Розділ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ МАРШРУТУ.....	61
3.1 Параметри транспортних та пішохідних потоків.....	61
3.2 Розміщення технічних засобів організації руху.....	62
3.3 Формування схеми пофазного роз'їзду.....	63
3.4 Визначення раціональних параметрів регулювання.....	64
3.5 Висновки по розділу.....	72
ВИСНОВКИ.....	74
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	77

					ННІЕІТІ ТСЛ ТТ 2022-2 ТТ XXX...Х ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка		
Розроб.		Рейінецький В. І.					
Перевір.		Куш Є.І.					
Н. контр.		Бурко Д.І.					
Затв.		Куш Є.І.					
					Літера	Аркуш	Аркушів
					о п у	8	77
					ХНУМГ		

ВСТУП

Організація міських автобусних перевезень є одним із ключових елементів функціонування транспортної системи сучасного міста, оскільки саме вона забезпечує повсякденну мобільність населення, доступність соціально важливих об'єктів та безперервність економічних процесів. Від рівня розвитку та ефективності системи автобусних перевезень значною мірою залежить якість транспортного обслуговування мешканців, своєчасність їхнього пересування до місць роботи, навчання, відпочинку та отримання адміністративних і медичних послуг. Надійне функціонування автобусного транспорту сприяє підвищенню рівня соціальної інтеграції населення, забезпечує транспортну доступність різних районів міста та позитивно впливає на загальний рівень комфортності міського середовища.

У сучасних умовах стрімкої урбанізації, постійного зростання чисельності населення великих міст і збільшення рівня автомобілізації особливої актуальності набуває проблема забезпечення ефективної роботи громадського транспорту. Зростання інтенсивності дорожнього руху призводить до виникнення заторів, збільшення часу поїздок, перевитрати паливно-енергетичних ресурсів, підвищення рівня шумового та екологічного навантаження на міське середовище. Одночасно мешканці міст висувують дедалі вищі вимоги до якості транспортного обслуговування, очікуючи регулярності руху, мінімального часу очікування, високого рівня безпеки, комфорту та доступності громадського транспорту. За таких умов саме автобусні перевезення залишаються одним із найбільш універсальних, економічно доцільних та адаптивних способів задоволення транспортного попиту населення.

На відміну від рейкових видів міського транспорту, зокрема метрополітену чи трамвая, автобусний транспорт характеризується значно

більшою гнучкістю організації маршрутної мережі. Запровадження нових маршрутів, зміна напрямків руху або коригування існуючих схем перевезень можуть здійснюватися без необхідності будівництва дорогої спеціалізованої інфраструктури. Це дозволяє оперативно реагувати на зміни транспортного попиту, розвиток нових житлових районів, зміну функціонального призначення окремих територій міста або тимчасові обмеження дорожнього руху. Крім того, автобусний транспорт може ефективно функціонувати як самостійний вид громадського транспорту або бути інтегрованим із іншими видами перевезень, забезпечуючи безперервність транспортного процесу та зручність пересадок для пасажирів.

Ефективність функціонування автобусної транспортної системи визначається комплексом взаємопов'язаних організаційних, технічних, економічних та експлуатаційних факторів. До найважливіших із них належать раціональне формування маршрутної мережі, визначення оптимальної кількості рухомого складу, вибір типу та пасажиромісткості автобусів відповідно до величини пасажиропотоків, розроблення збалансованих розкладів руху, встановлення економічно обґрунтованих інтервалів руху, підтримання належного технічного стану транспортних засобів, а також забезпечення високого рівня безпеки та комфорту перевезень. Не менш важливим напрямом є впровадження сучасних інформаційних технологій, автоматизованих систем диспетчерського керування, супутникового моніторингу транспортних засобів, електронних систем оплати проїзду та інтелектуальних транспортних систем, які дозволяють підвищити ефективність управління перевізним процесом і покращити якість обслуговування пасажирів.

Особливого значення набуває необхідність постійного дослідження пасажиропотоків та аналізу транспортного попиту. Отримані результати використовуються для обґрунтування змін маршрутної мережі, коригування графіків руху, оптимізації кількості транспортних засобів на маршрутах,

вибору їхньої пасажиромісткості та оцінювання ефективності роботи транспортної системи. Комплексний підхід до організації автобусних перевезень дає можливість підвищити продуктивність використання рухомого складу, зменшити експлуатаційні витрати перевізників, скоротити час поїздок пасажирів та забезпечити більш раціональне використання міської транспортної інфраструктури.

Отже, організація міських автобусних перевезень є важливою складовою сталого розвитку транспортної системи міста та потребує застосування сучасних методів планування, моделювання й управління перевізним процесом. Раціональне формування маршрутної мережі, оптимізація режимів роботи автобусів, ефективне використання рухомого складу та впровадження сучасних технологій управління сприяють підвищенню якості транспортного обслуговування населення, скороченню транспортних витрат, покращенню екологічної ситуації та створенню більш комфортного, безпечного й доступного міського середовища для всіх категорій пасажирів.

РОЗДІЛ 1

ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

1.1 Аналіз методів організації міських перевезень

Організація міських автобусних перевезень являє собою багатокомпонентний процес, що охоплює широкий комплекс взаємопов'язаних організаційних, технічних, технологічних та управлінських заходів, спрямованих на забезпечення безперебійного, безпечного та економічно ефективного транспортного обслуговування населення. Основною метою організації перевізного процесу є задоволення потреб пасажирів у своєчасному, комфортному та доступному пересуванні за мінімальних витрат часу і ресурсів як для перевізника, так і для користувачів громадського транспорту.

Одним із найважливіших етапів організації автобусних перевезень є формування раціональної маршрутної мережі, яка повинна максимально відповідати просторовому розміщенню житлових районів, місць прикладання праці, навчальних закладів, медичних установ, торговельних і культурних центрів. Не менш важливим завданням є визначення оптимальної кількості маршрутів, їхньої довжини, напрямків руху та взаємозв'язку між окремими районами міста, що дозволяє забезпечити необхідний рівень транспортної доступності та скоротити кількість пересадок для пасажирів.

Важливою складовою організації перевезень є розроблення раціональних графіків і розкладів руху автобусів. Вони повинні враховувати нерівномірність пасажиропотоків упродовж доби, особливості роботи підприємств і навчальних закладів, години пік, інтенсивність дорожнього руху та можливі сезонні коливання попиту на перевезення. Правильно складений розклад забезпечує регулярність руху транспортних засобів,

зменшує час очікування пасажирів на зупинках і сприяє більш ефективному використанню рухомого складу.

Особливе значення має управління автобусним парком, яке включає визначення необхідної кількості транспортних засобів на маршрутах, вибір їхнього типу та пасажиромісткості відповідно до величини пасажиропотоків, планування технічного обслуговування, контролю технічного стану автобусів та забезпечення їхньої експлуатаційної готовності. Рациональне використання рухомого складу дозволяє зменшити експлуатаційні витрати, підвищити продуктивність перевезень і забезпечити стабільність функціонування транспортної системи.

Не менш важливим напрямом є постійний контроль якості транспортного обслуговування. Він передбачає оцінювання регулярності виконання рейсів, дотримання встановленого розкладу, рівня безпеки перевезень, комфортності поїздок, наповненості автобусів, культури обслуговування пасажирів та доступності транспорту для маломобільних груп населення. Результати такого контролю є основою для своєчасного коригування організації перевезень і підвищення ефективності роботи транспортних підприємств.

В умовах сучасного розвитку міст особливої актуальності набуває здатність системи автобусних перевезень швидко адаптуватися до змін транспортної ситуації. Це пов'язано зі зростанням рівня автомобілізації, розвитком нових житлових масивів, реконструкцією вулично-дорожньої мережі, змінами структури пасажиропотоків та необхідністю впровадження сучасних цифрових технологій управління транспортом. Використання автоматизованих систем диспетчерського керування, GPS-моніторингу рухомого складу, електронних систем оплати проїзду та інтелектуальних транспортних систем забезпечує оперативне реагування на зміни дорожньої обстановки, підвищує регулярність руху автобусів і покращує якість транспортного обслуговування населення.

Таким чином, ефективність функціонування міського автобусного транспорту визначається комплексним застосуванням сучасних методів планування, організації та управління перевізним процесом. Саме науково обгрунтовані підходи до формування маршрутної мережі, організації руху автобусів, управління рухомим складом і контролю якості перевезень забезпечують підвищення ефективності роботи транспортної системи, скорочення експлуатаційних витрат, покращення умов перевезення пасажирів та сталий розвиток міської транспортної інфраструктури [1–12].

Під час організації міських автобусних перевезень необхідно вирішити комплекс взаємопов'язаних завдань, від правильності виконання яких залежить ефективність функціонування маршрутної мережі, рівень транспортного обслуговування населення та економічні показники роботи перевізника. Реалізація цих завдань здійснюється послідовно, починаючи зі збору вихідної інформації про транспортний попит і завершуючи впровадженням заходів щодо вдосконалення організації дорожнього руху та підвищення ефективності експлуатації рухомого складу. До основних завдань, що виконуються в процесі організації міських автобусних перевезень, належать [4, 5, 7, 8]:

- проведення планування, організації та виконання обстежень пасажиропотоків на автобусних маршрутах із метою отримання достовірних даних про обсяги перевезень у різні періоди доби;
- систематизація, статистична обробка та комплексний аналіз результатів обстежень пасажиропотоків для визначення закономірностей формування транспортного попиту;
- визначення раціональної пасажиромісткості рухомого складу та обгрунтований вибір типу і марки автобусів відповідно до величини та нерівномірності пасажиропотоків;
- розрахунок основних техніко-експлуатаційних показників функціонування маршруту, зокрема часу оборотного рейсу, експлуатаційної

швидкості, інтервалів руху, продуктивності транспортних засобів та інших параметрів перевізного процесу;

- встановлення оптимальної кількості автобусів, необхідної для забезпечення нормативного рівня транспортного обслуговування пасажирів і дотримання встановлених інтервалів руху;
- розроблення раціонального маршрутного розкладу руху з урахуванням добової нерівномірності пасажиропотоків, особливостей дорожньої ситуації та режимів роботи основних об'єктів тяжіння населення;
- розроблення комплексу організаційно-технічних заходів, спрямованих на вдосконалення організації дорожнього руху на трасі маршруту, підвищення безпеки перевезень, скорочення затримок транспортних засобів та покращення умов руху громадського транспорту.

Послідовність виконання зазначених етапів формує єдиний процес організації міських автобусних перевезень, у межах якого результати кожного попереднього етапу використовуються як вихідні дані для виконання наступних розрахунків і прийняття управлінських рішень. Узагальнену структурну схему цього процесу наведено на рис. 1.1.

Особливе місце в системі організації автобусних перевезень займає дослідження пасажиропотоків, оскільки саме цей етап забезпечує отримання об'єктивної інформації про реальні потреби населення у транспортному обслуговуванні. Під час проведення обстежень визначаються кількість пасажирів, які здійснюють поїздки на маршруті, інтенсивність пасажирообміну на окремих зупинках, напрямки переміщення пасажирів, рівень завантаженості автобусів на різних ділянках маршруту, а також характер зміни транспортного попиту протягом доби, тижня чи сезону. Отримані результати дозволяють оцінити фактичний стан функціонування маршруту та виявити проблемні ділянки транспортної системи.



Рисунок 1.1 – Процес організації перевезень пасажирів

На основі даних обстеження пасажиропотоків здійснюється оптимізація маршрутної мережі, обґрунтовується вибір типу та пасажиромісткості автобусів, визначається необхідна кількість транспортних засобів, встановлюються економічно та технологічно доцільні інтервали руху, а також розробляються ефективні розклади руху. Крім того, результати аналізу пасажиропотоків використовуються для оцінювання якості транспортного обслуговування, прогнозування майбутнього попиту на перевезення та прийняття управлінських рішень щодо вдосконалення організації перевізного процесу. Саме тому обстеження пасажиропотоків є одним із найважливіших інформаційних етапів організації міських автобусних перевезень, без якого неможливо забезпечити ефективне функціонування системи громадського транспорту та її адаптацію до постійних змін транспортних потреб населення [3, 7].

Основною метою проведення обстеження пасажиропотоків є отримання об'єктивної та достовірної інформації про фактичний попит населення на транспортні послуги на певному автобусному маршруті або в межах усієї маршрутної мережі міста. Результати таких досліджень дозволяють визначити інтенсивність перевезень у різні періоди доби, встановити години максимального навантаження на маршрут, оцінити нерівномірність розподілу пасажиропотоків у часі та просторі, а також виявити закономірності формування транспортного попиту. Отримані дані є інформаційною основою для прийняття технічно та економічно обґрунтованих рішень щодо вдосконалення організації перевізного процесу, підвищення ефективності використання рухомого складу та покращення якості транспортного обслуговування населення [2, 7].

Проведення обстеження пасажиропотоків потребує ретельної попередньої підготовки, оскільки від правильності планування залежить повнота та достовірність отриманих результатів. На підготовчому етапі визначаються організаційні, методичні та технічні аспекти проведення

дослідження, що забезпечують ефективний збір інформації та її подальшу обробку. До основних підготовчих заходів належать [3, 4, 9]:

- визначення об'єктів, на яких буде проводитися дослідження;
- встановлення оптимального періоду виконання обстеження;
- формування мети, завдань і переліку необхідних показників;
- вибір найбільш доцільного способу збору первинної інформації;
- підготовка персоналу, який безпосередньо братиме участь у проведенні обліку пасажирів.

Об'єктом дослідження може бути окремий автобусний маршрут, декілька взаємопов'язаних маршрутів або вся міська маршрутна мережа. Вибір масштабу обстеження визначається поставленою метою, необхідною деталізацією результатів та особливостями транспортної системи міста. Залежно від завдань дослідження обстеження можуть проводитися в робочі або вихідні дні, у години максимального транспортного навантаження чи в міжпікові періоди. Такий підхід дозволяє врахувати добову, тижневу та сезонну нерівномірність перевезень і отримати більш повне уявлення про характер формування пасажиропотоків.

На етапі планування також визначаються показники, які необхідно отримати за результатами дослідження. До них належать загальний обсяг перевезень, величина пасажиропотоків на окремих ділянках маршруту, кількість пасажирів, що входять і виходять на кожній зупинці, середній коефіцієнт використання пасажиромісткості автобусів, середня дальність поїздки, нерівномірність розподілу пасажиропотоків упродовж доби та інші експлуатаційні характеристики, необхідні для оцінювання ефективності функціонування маршруту [2, 8].

Залежно від технічних можливостей, необхідної точності та економічної доцільності застосовуються різні методи збору інформації про пасажиропотоки. Загалом їх поділяють на дві великі групи: натурні та автоматизовані.

До натурних методів належать табличний, талонний, анкетний, візуальний та інші способи обліку, які виконуються безпосередньо спеціально підготовленими обліковцями. Основною перевагою таких методів є відносна простота організації, можливість оперативного впровадження без використання складного обладнання, а також висока гнучкість щодо умов проведення дослідження. Разом із тим застосування натурних методів пов'язане зі значними трудовими витратами, потребою у великій кількості персоналу та тривалим процесом подальшої систематизації й опрацювання отриманої інформації.

Автоматизовані методи базуються на використанні сучасних технічних засобів, серед яких автоматичні лічильники пасажирів, інфрачервоні сенсори, відеокамери з програмним розпізнаванням пасажирів, системи GPS-моніторингу, електронний квиток та інші цифрові технології. Їхньою перевагою є можливість безперервного збору інформації, висока точність визначення пасажиропотоків, автоматизація процесу обробки даних та формування великих інформаційних баз для подальшого аналізу. Водночас широке впровадження таких систем потребує значних фінансових витрат на придбання обладнання, програмного забезпечення, його технічне обслуговування та модернізацію [1, 4, 9].

У разі використання натурних методів особлива увага приділяється підготовці персоналу. Перед початком польових досліджень обліковці проходять відповідний інструктаж щодо методики проведення обліку, правил заповнення первинної документації, особливостей фіксації пасажирообміну та порядку взаємодії з іншими учасниками обстеження. Крім того, вони забезпечуються необхідними матеріалами та технічними засобами, зокрема обліковими бланками, анкетами, планшетами, механічними або електронними лічильниками, а також іншими засобами, необхідними для якісного виконання роботи [4, 6].

Після завершення польового етапу виконується систематизація, статистична обробка та комплексний аналіз отриманої інформації. На цьому етапі результати групуються за часовими інтервалами, напрямками руху, зупинками та окремими ділянками маршруту, після чого будуються таблиці, графіки, діаграми та інші аналітичні матеріали. За результатами аналізу визначаються середні та максимальні значення завантаження автобусів, оцінюється рівень використання їхньої пасажиромісткості, виявляються найбільш навантажені й недостатньо завантажені ділянки маршруту, встановлюються години пікового навантаження, а також здійснюється комплексне оцінювання ефективності функціонування транспортного маршруту [3, 4, 8].

Результати аналізу пасажиропотоків є підґрунтям для прийняття управлінських рішень щодо вдосконалення організації перевезень. На їх основі розробляються рекомендації стосовно оптимізації інтервалів і частоти руху автобусів, коригування розкладів руху відповідно до фактичного попиту на перевезення, зміни конфігурації маршрутної мережі, призначення автобусів більшої або меншої пасажиромісткості, організації додаткових рейсів у години найбільшого навантаження, а також реалізації інших організаційно-технічних заходів, спрямованих на підвищення якості транспортного обслуговування населення та ефективності функціонування міського пасажирського транспорту [2, 5, 7].

Рациональний вибір типу рухомого складу та його пасажиромісткості є одним із найважливіших етапів проектування й організації міських автобусних перевезень. Від правильності прийнятого рішення залежить ефективність функціонування маршруту, рівень транспортного обслуговування населення, продуктивність використання автобусів, величина експлуатаційних витрат перевізника, а також економічна доцільність виконання перевезень. Крім того, оптимальний вибір транспортних засобів забезпечує необхідний рівень комфорту та безпеки пасажирів, сприяє

скороченню часу очікування на зупинках, підвищує регулярність руху автобусів і дозволяє максимально ефективно використовувати провізну здатність маршруту. Саме тому визначення раціональної пасажиромісткості автобусів є одним із ключових завдань під час організації системи міського пасажирського транспорту [3, 4, 8].

Пасажиромісткість автобуса характеризує максимально допустиму кількість пасажирів, яку транспортний засіб може перевозити відповідно до його технічних характеристик і нормативних вимог. Цей показник враховує як кількість місць для сидіння, так і допустиму кількість стоячих пасажирів, що визначається площею салону та нормативною щільністю їх розміщення. Пасажиромісткість є однією з основних технічних характеристик автобуса, яка визначає його провізну здатність, сферу застосування та ефективність експлуатації на маршрутах із різною інтенсивністю пасажиропотоків [5].

Вибір необхідної пасажиромісткості автобусів здійснюється на основі комплексного аналізу транспортного попиту та експлуатаційних умов роботи маршруту. При цьому враховується не лише величина максимального пасажиропотоку, а й характер його зміни протягом доби, нерівномірність перевезень за окремими напрямками, рівень завантаження автобусів на різних ділянках маршруту та перспективи подальшого розвитку транспортної мережі. Такий підхід дозволяє забезпечити відповідність провізної здатності автобусів фактичним потребам населення та уникнути як недостатнього, так і надлишкового використання рухомого складу.

На вибір типу автобуса та його пасажиромісткості впливає сукупність взаємопов'язаних факторів, серед яких найбільше значення мають [2, 4, 8]:

- результати обстеження пасажиропотоків, що характеризують фактичний попит на перевезення;
- величина пасажиропотоків у години максимального навантаження та ступінь їхньої нерівномірності протягом доби;

- тривалість оборотного рейсу, експлуатаційна швидкість руху та необхідні інтервали руху автобусів;

- технічний стан вулично-дорожньої мережі, геометричні параметри проїзної частини, наявність складних ділянок маршруту та умови організації дорожнього руху;

- економічні чинники, зокрема витрати на придбання, експлуатацію й технічне обслуговування автобусів, витрати пального або електроенергії, рівень продуктивності рухомого складу;

- екологічні показники транспортних засобів, рівень шкідливих викидів, шумове навантаження та відповідність сучасним вимогам щодо екологічної безпеки;

- вимоги до доступності громадського транспорту для маломобільних груп населення, рівня комфорту пасажирів і безпеки здійснення перевезень.

Відповідність пасажиромісткості автобусів величині пасажиропотоку забезпечує ефективне використання рухомого складу та дозволяє підтримувати оптимальний рівень заповнення салону. Використання автобусів недостатньої пасажиромісткості призводить до їх перевантаження, погіршення умов перевезення, збільшення часу посадки та висадки пасажирів, зниження безпеки руху й виникнення скарг з боку населення. Водночас застосування автобусів надмірної пасажиромісткості на маршрутах із невеликим попитом спричиняє нерациональне використання транспортних засобів, підвищення експлуатаційних витрат, збільшення витрат енергоносіїв та зниження економічної ефективності роботи перевізника.

З метою забезпечення раціонального використання рухомого складу автобуси класифікують за пасажиромісткістю на автобуси малого, середнього, великого та особливо великого класів. Кожен із цих класів призначений для експлуатації на маршрутах із відповідною інтенсивністю пасажиропотоків та певними умовами дорожнього руху. Вибір конкретної

моделі автобуса здійснюється на основі порівняльного аналізу технічних характеристик, провізної здатності, експлуатаційних витрат, показників паливної економічності, екологічності та інших техніко-економічних критеріїв.

Отже, правильний вибір типу та пасажиромісткості автобусів є важливою передумовою ефективної організації міських пасажирських перевезень. Комплексне врахування характеристик пасажиропотоків, експлуатаційних умов маршруту, технічних можливостей транспортних засобів, економічних показників та сучасних екологічних вимог забезпечує підвищення якості транспортного обслуговування населення, раціональне використання рухомого складу, зменшення експлуатаційних витрат і покращення загальної ефективності функціонування системи міського громадського транспорту.

Ефективне функціонування міського автобусного маршруту неможливе без попереднього визначення його основних техніко-експлуатаційних параметрів. Саме ці показники характеризують умови виконання перевезень, рівень використання рухомого складу, якість транспортного обслуговування населення та економічну ефективність роботи перевізника. Вони є основою для проектування режимів роботи маршруту, розроблення розкладів руху, вибору типу автобусів, визначення потреби в рухомому складі та оцінювання результативності функціонування транспортної системи. Правильне визначення техніко-експлуатаційних показників дозволяє забезпечити відповідність провізної здатності маршруту фактичному попиту на перевезення, підвищити продуктивність роботи автобусів і мінімізувати експлуатаційні витрати.

Одним із найважливіших завдань на цьому етапі є обґрунтування оптимальної кількості автобусів, необхідних для обслуговування маршруту. Недостатня кількість транспортних засобів призводить до збільшення інтервалів руху, переповнення салонів, зростання часу очікування пасажирів

та погіршення якості транспортного обслуговування. Водночас надлишкова кількість автобусів спричиняє неефективне використання рухомого складу, збільшення експлуатаційних витрат, підвищення витрат на технічне обслуговування та зниження економічної ефективності роботи перевізника.

Саме тому визначення необхідної кількості автобусів повинно базуватися на комплексному аналізі характеристик маршруту, параметрів транспортного процесу та величини пасажирського попиту.

Розрахунок кількості транспортних засобів здійснюється з урахуванням комплексу техніко-експлуатаційних показників, які безпосередньо впливають на організацію перевізного процесу та визначають провізну здатність автобусного маршруту. До основних показників, що необхідно враховувати під час визначення потреби в рухомому складі, належать [3, 5, 6]:

- довжина маршруту та його конфігурація;
- експлуатаційна швидкість руху автобусів з урахуванням дорожньої обстановки;
- величина максимального пасажиропотоку на найбільш завантаженій ділянці маршруту;
- номінальна пасажиромісткість автобусів, що плануються до експлуатації;
- допустимий рівень заповнення салону відповідно до нормативних вимог і показників комфортності перевезень.

Довжина маршруту безпосередньо впливає на тривалість оборотного рейсу та продуктивність використання рухомого складу. Із збільшенням протяжності маршруту зростає час виконання рейсу, що, за інших однакових умов, потребує залучення більшої кількості автобусів для забезпечення встановлених інтервалів руху. Водночас експлуатаційна швидкість характеризує реальні умови руху транспортних засобів і враховує вплив дорожньої ситуації, затримок на перехрестях, часу посадки та висадки

пасажирів, а також інших факторів, що визначають тривалість транспортного процесу.

Одним із визначальних параметрів є максимальний пасажиропотік, який характеризує найбільшу кількість пасажирів, що перевозяться через найбільш завантажену ділянку маршруту протягом години максимального навантаження. Саме цей показник визначає необхідну провізну здатність маршруту, впливає на вибір пасажиромісткості автобусів, розрахунок інтервалів руху та встановлення необхідної кількості транспортних засобів.

Важливе значення має також пасажиромісткість автобусів, яка визначає максимальну кількість пасажирів, що може бути перевезена одним транспортним засобом за один рейс. Використання автобусів різної пасажиромісткості дозволяє адаптувати провізну здатність маршруту до величини транспортного попиту та забезпечити більш ефективне використання рухомого складу. Водночас під час вибору автобусів необхідно враховувати не лише їхню номінальну місткість, а й нормативні обмеження щодо допустимого рівня заповнення салону, які забезпечують комфортні та безпечні умови перевезення пасажирів.

Комплексний аналіз перелічених техніко-експлуатаційних показників дає можливість визначити раціональну кількість автобусів для роботи на маршруті, забезпечити необхідну регулярність руху, підтримувати нормативний рівень транспортного обслуговування населення та досягти оптимального співвідношення між якістю перевезень і витратами на їх організацію. Такий підхід сприяє підвищенню ефективності функціонування міського автобусного транспорту, більш повному використанню його провізної здатності та створенню комфортних умов для пасажирів.

Маршрутний розклад руху є одним із найважливіших організаційних документів, що регламентує роботу автобусного маршруту та визначає часові параметри виконання перевезень. Він встановлює порядок відправлення і прибуття автобусів на кінцеві та проміжні зупинки, забезпечує узгодженість

роботи транспортних засобів протягом усього періоду експлуатації маршруту та створює основу для стабільного функціонування системи міських пасажирських перевезень. Правильно розроблений розклад дозволяє забезпечити регулярність руху автобусів, рівномірний розподіл транспортних засобів на маршруті та відповідність їхньої провізної здатності фактичному попиту на перевезення.

Одним із головних завдань розроблення маршрутного розкладу є забезпечення ритмічності роботи автобусів відповідно до нерівномірності пасажиропотоків протягом доби. Оскільки інтенсивність перевезень істотно змінюється залежно від часу доби, дня тижня та інших факторів, розклад повинен передбачати зміну інтервалів руху таким чином, щоб у години максимального навантаження забезпечувалася необхідна провізна здатність маршруту, а в міжпікові періоди не допускалося нерациональне використання рухомого складу. Такий підхід дозволяє підтримувати належний рівень транспортного обслуговування населення та одночасно підвищувати економічну ефективність експлуатації автобусів.

Рационально складений маршрутний розклад сприяє скороченню середнього часу очікування пасажирів на зупинках, забезпечує більш рівномірне наповнення автобусів, запобігає виникненню скупчень транспортних засобів на маршруті та зменшує ймовірність порушення встановлених інтервалів руху. Крім того, оптимізація розкладу позитивно впливає на використання рухомого складу, дозволяючи скоротити непродуктивні простої автобусів, підвищити продуктивність їхньої роботи та знизити експлуатаційні витрати перевізника. Для пасажирів це означає підвищення надійності транспортного обслуговування, скорочення тривалості поїздок і покращення загального рівня комфорту користування громадським транспортом.

Під час розроблення маршрутного розкладу враховується комплекс експлуатаційних показників, серед яких довжина маршруту, тривалість

оборотного рейсу, експлуатаційна швидкість руху автобусів, необхідна кількість транспортних засобів, величина пасажиропотоків у різні години доби, нормативні інтервали руху, режими праці водіїв, а також можливі затримки, пов'язані з дорожньою ситуацією. Комплексне врахування зазначених факторів забезпечує реалістичність розкладу та можливість його виконання в реальних умовах експлуатації.

Найбільш поширеним способом розроблення маршрутних розкладів є графоаналітичний метод, який широко використовується під час організації міських автобусних перевезень [5, 7, 8]. Сутність цього методу полягає у побудові графічної моделі руху автобусів із використанням результатів техніко-експлуатаційних розрахунків. На основі визначених параметрів маршруту формується графік руху транспортних засобів, що дозволяє встановити час відправлення автобусів із кінцевих пунктів, визначити інтервали руху, координувати роботу окремих транспортних засобів, оцінити рівномірність їхнього розподілу на маршруті та своєчасно виявити можливі конфліктні ситуації або непродуктивні простой.

Застосування графоаналітичного методу забезпечує високу точність розроблення розкладу, дозволяє оперативно вносити зміни у разі коригування параметрів маршруту або пасажиропотоків, а також сприяє підвищенню ефективності використання рухомого складу. Крім того, цей метод є зручним інструментом для аналізу роботи автобусного маршруту, оцінювання відповідності фактичних режимів руху розрахунковим параметрам та прийняття обґрунтованих рішень щодо подальшого вдосконалення організації перевізного процесу. Завдяки цьому графоаналітичний метод залишається одним із найбільш ефективних і поширених способів проектування маршрутних розкладів у системі міських пасажирських перевезень.

Результативність функціонування системи міських автобусних перевезень значною мірою визначається рівнем організації дорожнього руху

на всій протяжності маршруту. Навіть за умови правильно сформованої маршрутної мережі, раціонально обраного рухомого складу та оптимально розробленого розкладу руху ефективність перевізного процесу може суттєво знижуватися через недосконалу організацію транспортних потоків.

Перевантаженість вулично-дорожньої мережі, недостатня пропускна спроможність окремих її елементів, нераціональні режими світлофорного регулювання, конфлікти транспортних і пішохідних потоків, а також відсутність заходів із забезпечення пріоритетного руху громадського транспорту призводять до збільшення часу поїздки, порушення регулярності руху автобусів та погіршення якості транспортного обслуговування населення [11, 12].

Затримки автобусів на перехрестях і перевантажених ділянках маршруту негативно впливають не лише на дотримання розкладу руху, але й на техніко-експлуатаційні показники роботи транспорту. Внаслідок зменшення експлуатаційної швидкості зростає тривалість оборотного рейсу, виникає необхідність збільшення кількості автобусів на маршруті для забезпечення встановлених інтервалів руху, підвищуються експлуатаційні витрати перевізника та погіршується ефективність використання рухомого складу. Крім того, нерівномірність руху автобусів призводить до їхнього скупчення на окремих ділянках маршруту, переповнення салонів і збільшення часу очікування пасажирів на зупинках [11, 12].

Саме тому вдосконалення організації та регулювання дорожнього руху є одним із найважливіших напрямів підвищення ефективності міських автобусних перевезень. Комплекс заходів у цій сфері спрямований на забезпечення безперешкодного руху маршрутних транспортних засобів, підвищення пропускної спроможності вулично-дорожньої мережі, скорочення транспортних затримок, покращення безпеки дорожнього руху та створення сприятливих умов для стабільної роботи громадського транспорту. Реалізація таких заходів дозволяє забезпечити більш повне виконання

розкладів руху, підвищити швидкість сполучення та покращити якість транспортного обслуговування пасажирів [11, 12].

Основною метою впровадження заходів із удосконалення організації дорожнього руху є підвищення ефективності функціонування автобусних маршрутів шляхом оптимізації режимів руху транспортних потоків, мінімізації затримок та створення безпечних умов для всіх учасників дорожнього руху. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити низку взаємопов'язаних завдань, серед яких основними є [12, 13]:

- забезпечення стабільного та прогнозованого функціонування автобусних маршрутів незалежно від інтенсивності транспортних потоків;
- скорочення затримок автобусів на перехрестях, регульованих ділянках та інших елементах вулично-дорожньої мережі;
- підвищення рівня безпеки дорожнього руху шляхом удосконалення схем організації руху, режимів світлофорного регулювання та облаштування пішохідних переходів;
- створення умов для надання пріоритету громадському транспорту, зокрема шляхом запровадження спеціальних смуг руху, пріоритетного світлофорного керування або інших організаційно-технічних заходів;
- підвищення екологічної ефективності перевезень завдяки зменшенню кількості зупинок, скороченню тривалості роботи двигунів на холостому ходу та стабілізації швидкісних режимів руху автобусів.

Досягнення зазначених цілей потребує комплексного підходу до організації дорожнього руху, який передбачає аналіз транспортних і пішохідних потоків, оцінювання пропускної спроможності вулично-дорожньої мережі, удосконалення режимів світлофорного регулювання, оптимізацію геометричних параметрів перехресть, організацію пріоритетного руху громадського транспорту та впровадження сучасних інтелектуальних транспортних систем. Використання таких рішень забезпечує підвищення

середньої експлуатаційної швидкості автобусів, покращення регулярності їхнього руху, скорочення часу поїздки пасажирів, зниження експлуатаційних витрат транспортних підприємств і створення більш комфортних умов користування міським громадським транспортом.

Таким чином, удосконалення організації та регулювання дорожнього руху є важливою складовою підвищення ефективності функціонування системи міських автобусних перевезень. Комплексне застосування сучасних організаційних, технічних та інформаційних рішень дозволяє забезпечити пріоритетний рух громадського транспорту, підвищити безпеку перевезень, покращити екологічні показники транспортної системи та створити умови для надання якісних, надійних і конкурентоспроможних транспортних послуг населенню.

1.2 Розрахунок пасажиропотоків на маршруті

Пасажиропотоки визначаємо за формулою:

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

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

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

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

$$F_{1-2} = 321 \text{ пас./год,}$$

Потужність потоку пасажирів на перегоні з номером 2 – 3:

$$F_{2-3}=321+76-5=392 \text{ пас./год.}$$

Результати розрахунку пасажиропотоків на інших перегонах маршруту зведено до табл. 1.1.

Пасажиропотоки на перегонах маршруту графічно представлено у вигляді епюри, що зображена на рис. 1.2, 1.3.

Таблиця 1.1 – Пасажиропотоки на маршруті

Прямий напрямок				Зворотний напрямок			
Перегін	Довжина перегону, км	Пасажиропотік, пас./год	Транспортна робота, пас. км	Перегін	Довжина перегону, км	Пасажиропотік, пас./год	Транспортна робота, пас. км
1-2	0,91	321	292,1	10-9	1,2	155	186,0
2-3	0,69	392	270,5	9-8	0,95	208	197,6
3-4	1,21	442	534,8	8-7	1,12	235	263,2
4-5	0,82	472	387,0	7-6	0,88	262	230,6
5-6	0,92	473	435,2	6-5	0,92	274	252,1
6-7	0,88	464	408,3	5-4	0,82	275	225,5
7-8	1,12	435	487,2	4-3	1,21	269	325,5
8-9	0,95	391	371,5	3-2	0,69	250	172,5
9-10	1,2	320	384,0	2-1	0,91	178	162,0
Усього	8,70	3710	3570,6	Усього	8,70	2106	2014,9

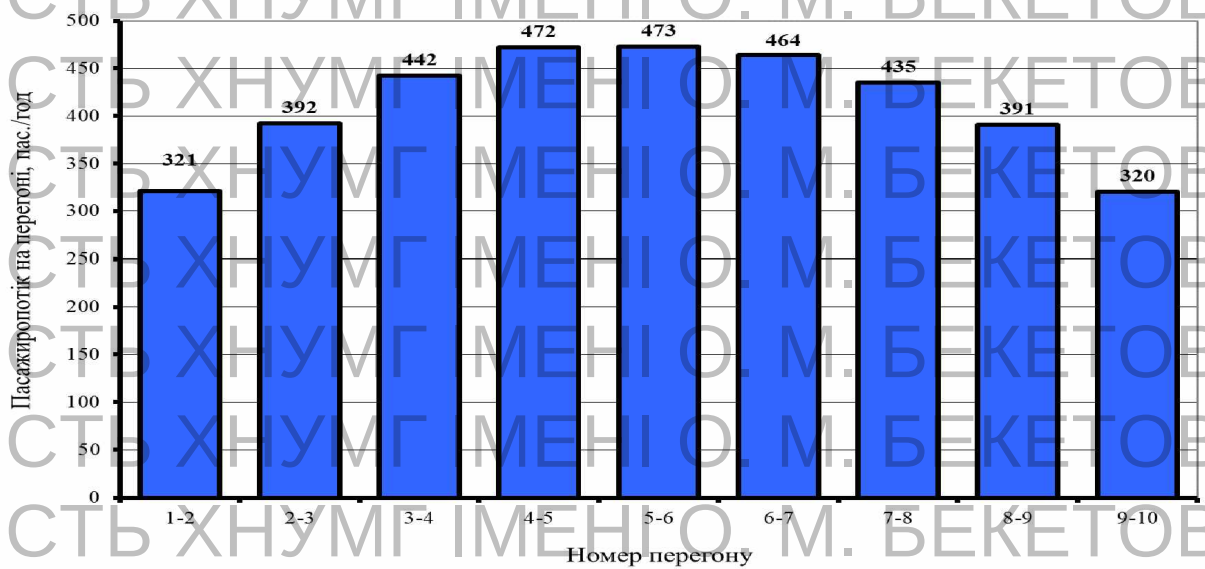


Рисунок 1.2 – Пасажиропотоки (прямий напрямок)

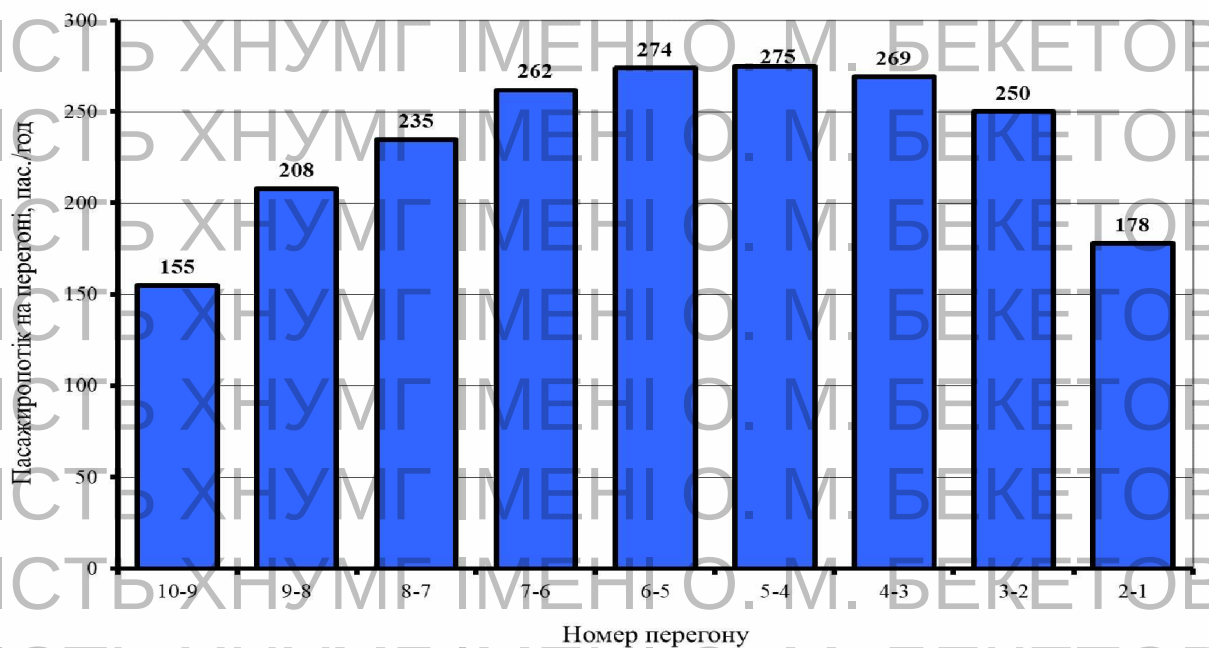


Рисунок 1.3 – Пасажиропотоки (зворотний напрямок)

Визначаємо максимальний пасажиропотік:

$$F_{\max} = \max\{321; 392; 442; 472; 473; 464; 435; 391; 320; \dots 178\} = 473 \text{ пас./год.}$$

Максимальний пасажиропотік спостерігається на перегоні 5-6 та складає 473 пас./год.

Обсяг перевезень розраховуємо за формулою:

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

Обсяг перевезень у прямому напрямку:

$$Q = 321 + 76 + 60 + 41 + 27 + 22 + 14 + 8 + 3 = 572 \text{ пас.}$$

Обсяг перевезень у зворотному напрямку:

$$Q = 155 + 56 + 33 + 37 + 28 + 22 + 19 + 12 + 5 = 367 \text{ пас.}$$

Сумарний обсяг перевезень на маршруті:

$$Q = 572 + 367 = 939 \text{ пас.}$$

Транспортну роботу, що виконується 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.

На перегоні 1-2 виконується така транспортна робота:

$$W_{1-2}=0,91 \cdot 321=292,1 \text{ пас. км.}$$

Результати розрахунку транспортної роботи на інших перегонах маршруту наведено у табл. 1.1.

Транспортна робота, що виконується у прямому напрямку руху на маршруті:

$$W = 292,1 + 270,5 + 534,8 + 387,0 + 435,2 + 408,3 + 487,2 + 371,5 + \\ + 384,0 = 3570,6 \text{ пас. км.}$$

Транспортна робота, що виконується у зворотному напрямку руху на маршруті:

$$W = 186,0 + 197,6 + 263,2 + 230,6 + 252,1 + 225,5 + 325,5 + 172,5 + \\ + 162,0 = 2014,9 \text{ пас. км.}$$

Загальна величина виконаної транспортної роботи на маршруті (в обох напрямках):

$$W = 3570,6 + 2014,9 = 5585,5 \text{ пас. км.}$$

Далі переходимо до ухвалення рішення щодо вибору марки автобусу.

1.3 Вибір марки автобусу

За потужності пасажиропотоку 473 пас./год рекомендується використовувати автобуси малого класу пасажиромісткості [4]. Виходячи з

цього, для здійснення перевезень, як альтернативні марки будемо розглядати автобуси Isuzu 092H6 та Etalon A08128 (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Характеристика альтернативних марок автобусів

Показники 1	Isuzu 092H6 2	Etalon A08128 3
Тарифна ставка водія, грн./год	202,36	202,36
Норма відрахувань на соціальне страхування, %	37,5	37,5
Експлуатаційна витрата палива, л/100 км	17	18
Експлуатаційна швидкість, км/год	20	20
Вартість палива, грн./л	78,35	78,35
Норматив відрахувань на мастильні матеріали, %	10,2	10,2
Норма відрахувань на технічне обслуговування і ремонт автобусів, грн./1000 км	4526	4722
Кількість коліс автобусу (без урахування запасного), од.	6	6
Вартість шини, грн.	4327	4327
Норма відрахувань на реновацію шин, %	3	3
Експлуатаційний пробіг шин, км	70000	70000
Кількість днів роботи маршруту, дн.	365	365
Середній час транспортного засобу у наряді, год	8,2	8,2
Норма відрахувань на амортизацію транспортних засобів, %	40	40
Вартість автобусу, грн.	3615000	3889300
Тарифна ставка управлінського персоналу, грн/год.	212,3	212,3
Норма відрахувань на накладні витрати, %	20	20

Для марок автобусів, що розглядаються, розраховуємо величину експлуатаційних витрат за годину роботи автобусу на маршруті:

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

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

B_n – витрати на паливо, грн./год;

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

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

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

B_a – амортизаційні відрахування, грн./год;

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

B_n – накладні витрати, грн./год.

Наводимо приклад розрахунку складових експлуатаційних витрат для автобусу Isuzu 092Н6.

Витрати на заробітну платню водія розраховуємо за формулою:

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

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

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

$$3П_{\epsilon} = 202,36 \cdot \left(1 + \frac{37,5}{100} \right) = 278,25 \text{ грн.}$$

Витрати на паливо розраховуємо за формулою:

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

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.

$$B_n = \frac{17 \cdot 20 \cdot 78,35}{100} = 266,39 \text{ грн.}$$

Витрати на мастильні матеріали розраховуємо за формулою:

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

де C_m – норматив відрахувань на мастильні матеріали, %.

$$B_m = \frac{266,39 \cdot 10,2}{100} = 27,17 \text{ грн.}$$

Витрати на технічне обслуговування та ремонт автобусу:

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

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

$$B_{ToIP} = \frac{4526 \cdot 20}{1000} = 90,52 \text{ грн.}$$

Витрати на шини:

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

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

$B_{ш}$ – вартість однієї шини, грн.;

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

L_e – експлуатаційний пробіг шин, км;

D_p – календарні дні роботи на маршруті, дн.;

T_n – середній час перебування автобусу в наряді.

$$B_{ш} = \frac{6 \cdot 4327 \cdot 3 \cdot 70000}{100 \cdot 1000 \cdot 365 \cdot 8,2} = 18,22 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію автобусу:

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

де H_a – норма відрахувань на амортизацію, %;

$Ц_б$ – балансова вартість автобусу, грн.

$$B_a = \frac{40 \cdot 3615000}{100 \cdot 365 \cdot 8,2} = 483,13 \text{ грн.}$$

Витрати на заробітну платню управлінського персоналу:

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

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

$$B_{yn} = 212,3 \cdot (1 + 37,5/100) = 291,91 \text{ грн.}$$

Накладні витрати розраховуємо за формулою:

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

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

$$B_n = \frac{(278,25 + 266,39 + 27,17 + 90,52 + 18,22 + 483,13 + 291,91) \cdot 20}{100} = 291,12 \text{ грн.}$$

Загальні годинні експлуатаційні витрати для автобусу Isuzu 092H6:

$$З_{год} = 278,25 + 266,39 + 27,17 + 90,52 + 18,22 + 483,13 + 291,91 + 291,12 = 1746,70 \text{ грн.}$$

Аналогічно проводимо розрахунок для автобусу марки 0. Результати розрахунку представлено у табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Експлуатаційні витрати для автобусів обраних марок

Стаття витрат	Марка автобуса	
	Isuzu 092H6	Etalon A08128
Витрати на ЗП водія, грн./год	278,25	278,25
Витрати на паливо, грн./год	266,39	282,06
Витрати на мастильні матеріали, грн./год	27,17	28,77
Витрати на ТО та ремонт, грн./год	90,52	94,44
Витрати на реновацію шин, грн/год.	18,22	18,22
Амортизація рухомого складу, грн/год.	483,13	519,79
Витрати на заробітну плату управлінського персоналу, грн/год.	291,91	291,91
Накладні витрати, грн./год.	291,12	302,69
Сумарні годинні витрати, грн./год.	1746,70	1816,12

За результатами оцінювання експлуатаційних витрат встановлено, що найбільш економічно доцільним для обслуговування маршруту є використання автобусів Isuzu 092H6, оскільки вони характеризуються найменшими сумарними експлуатаційними витратами, які становлять 1746,70 грн.

1.4 Розрахунок техніко-експлуатаційних показників перевезень

Час оберт автобусів на маршруті розраховуємо за формулою:

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

де l_m - довжина маршруту, км;

V_e - експлуатаційна швидкість, км/год.

$$t_{об} = \frac{2 \cdot 8,7}{20} = 0,87 \text{ год} = 52 \text{ хв.}$$

Потрібну кількість транспортних засобів для виконання перевезень на маршруті розраховуємо:

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

де q_n - номінальна місткість автобусу, пас.

$$A = \frac{473 \cdot 0,8}{65} = 7 \text{ од.}$$

Інтервал руху розраховуємо за формулою:

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

$$I_{пл} = \frac{52}{7} = 7,5 \text{ хв.}$$

Середню відстань поїздки пасажир розраховуємо за формулою:

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

У прямому напрямку середня відстань поїздки:

$$l_{cp} = \frac{3570,6}{572} = 6,24 \text{ км.}$$

У зворотному напрямку середня відстань поїздки:

$$l_{cp} = \frac{2014,9}{367} = 5,49 \text{ км.}$$

Розрахунок динамічного коефіцієнту використання місткості виконуємо за формулою:

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

У прямому напрямку динамічний коефіцієнт використання місткості складає:

$$\gamma_d = \frac{0,87 \cdot 3570,6}{8,70 \cdot 65 \cdot 7} = 0,785.$$

У зворотному напрямку його значення становить:

$$\gamma_d = \frac{0,87 \cdot 2014,9}{8,70 \cdot 65 \cdot 7} = 0,443.$$

Також розраховуємо статичний коефіцієнт використання місткості:

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

де n - кількість перегонів на маршруті, од.

Для прямого напрямку руху статичний коефіцієнт складає:

$$\gamma_c = \frac{0,87 \cdot 3710}{9 \cdot 7 \cdot 65} = 0,788.$$

У зворотному напрямку:

$$\gamma_c = \frac{0,87 \cdot 2106}{9 \cdot 7 \cdot 65} = 0,447.$$

Розраховуємо значення коефіцієнт змінюваності пасажирів на маршруті:

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

Для прямого напрямку коефіцієнт змінюваності:

$$\eta = \frac{8,7}{6,24} \times \frac{0,785}{0,788} = 1,39.$$

Для зворотного напрямку коефіцієнт змінюваності:

$$\eta = \frac{8,7}{5,49} \times \frac{0,443}{0,447} = 1,57.$$

На підставі проведених розрахунків формуємо табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Параметри перевізного процесу

№ п/п	Показники	Напрямок руху	
		прямий	зворотний
1	Обсяг перевезень, пас.	939	
		572	367
2	Довжина маршруту, км	8,7	
3	Експлуатаційна швидкість, км/год	20	
4	Час обертв, хв.	52	
5	Пасажиромісткість автобусів, пас.	65	
6	Марка автобусу	Isuzu 092H6	
7	Максимальний пасажиропотік, пас/год	473	
8	Потрібна кількість автобусів, од.	7	
9	Плановий інтервал руху, хв.	7,5	
10	Обсяг транспортної роботи, пас. км	5585,5	
		3570,6	2014,9
11	Середня відстань поїздки пасажирв, км	6,24	5,49
12	Динамічний коефіцієнт використання місткості	0,785	0,443
13	Статичний коефіцієнт використання місткості	0,788	0,447
14	Коефіцієнт змінюваності	1,39	1,57

1.5 Прогнозування обсягу перевезень

Прогнозування обсягу перевезень виконано за допомогою програмного середовища MS Excel. Отримані результати прогнозування наведено в табл.

1.5, а їх графічну інтерпретацію представлено на рис. 1.4 та 1.5.

Таблиця 1.5 – Прогноз обсягу перевезень

Місяці	Обсяг перевезень, пас.			
	2023	2024	2025	2026
Січень	205356	225061	244777	225689
Лютий	217905	216293	200097	216252
Березень	196752	217040	223711	216845
Квітень	216710	207788	221137	208667
Травень	216710	216880	206147	217589
Червень	211531	231828	243191	224771
Липень	184044	179104	178242	184724
Серпень	182451	192116	207775	190748
Вересень	213921	238169	225414	228012
Жовтень	216710	202533	202587	212635
Листопад	204361	220833	214164	215902
Грудень	218303	209986	215587	222368
Σ	2484753	2557633	2582829	2594202

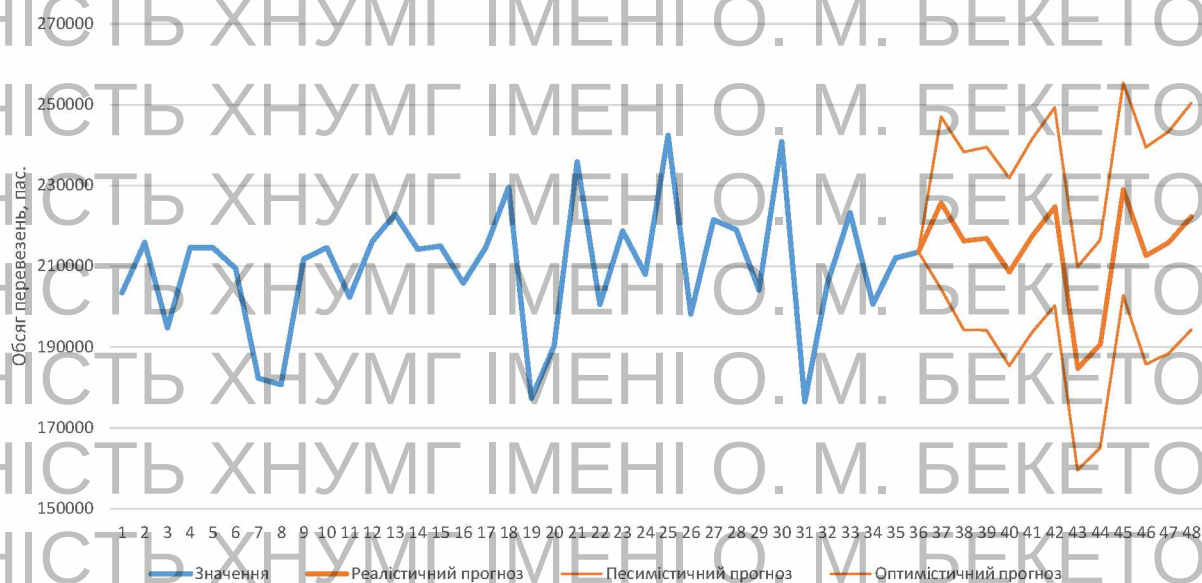


Рисунок 1.4 – Графік прогнозу обсягу перевезень

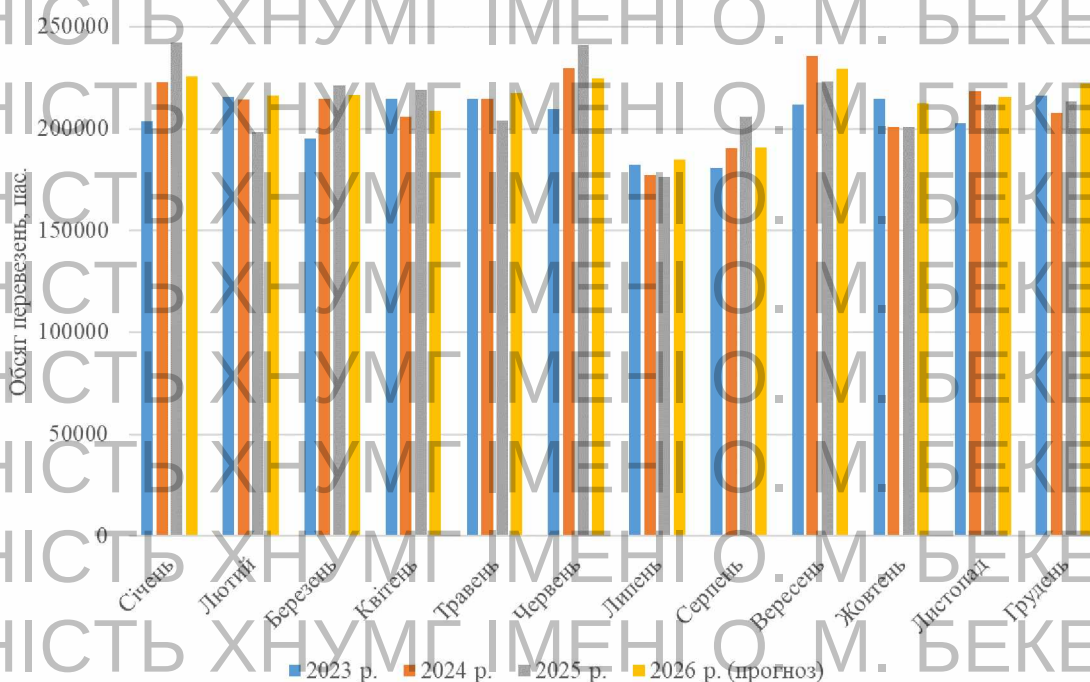


Рисунок 1.5 – Діаграма прогнозу обсягу перевезень

Розрахунки показують, що у 2026 році передбачається збільшення обсягу на 0,28 %.

1.6 Висновки по розділу

1. У першому розділі виконано аналіз пасажиропотоків на міському автобусному маршруті та визначено основні техніко-експлуатаційні параметри його функціонування. За результатами розрахунків встановлено, що максимальний пасажиропотік становить 473 пас./год і спостерігається на перегоні 5–6, а загальний обсяг перевезень у годину дослідження складає 939 пасажирів. Загальна транспортна робота на маршруті дорівнює 5585,5 пас.-км, що характеризує інтенсивність використання маршруту.

2. На підставі величини пасажиропотоку проведено вибір рухомого складу та виконано порівняння двох альтернативних моделей автобусів за експлуатаційними витратами. Встановлено, що найбільш економічно доцільним є використання автобусів Isuzu 092H6, для яких сумарні експлуатаційні витрати становлять 1746,70 грн/год, що є нижчим показником порівняно з альтернативним варіантом.

3. Також визначено основні техніко-експлуатаційні показники роботи маршруту. Розраховано, що для забезпечення перевезень необхідно 7 автобусів, час обертгу становить 52 хв, а плановий інтервал руху 7,5 хв. Обчислено середню дальність поїздки пасажирів, коефіцієнти використання місткості автобусів та коефіцієнти змінюваності пасажирів, які підтверджують ефективність запропонованої організації перевізного процесу.

4. Крім того, виконано прогнозування обсягів перевезень, результати якого свідчать про очікуване збільшення пасажиропотоку у 2026 році на 0,28 %. Отримані результати є вихідною базою для подальшого розроблення раціонального розкладу руху автобусів та вдосконалення організації перевезень на маршруті.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА РОЗКЛАДУ РУХУ

2.1 Визначення потрібної кількості автобусів у різні періоди доби

Проводимо розрахунок пасажиропотоків в різні періоди роботи маршруту:

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

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

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

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

Для періоду з 6:00 по 7:00:

$$F_{6:00-7:00} = 473 \cdot 0,21 = 99 \text{ пас./год.}$$

Для інших періодів результати розрахунків зведені до табл. 2.1.

Потрібну кількість автобусів розраховуємо за формулою:

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

Для періоду з 6:00 по 7:00 на маршруті слід застосовувати:

$$A_{6:00-7:00} = \frac{99 \cdot 0,87}{65} = 2 \text{ од.}$$

Для інших періодів роботи маршруту результати проведених розрахунків занесено до табл. 2.1.

Максимальну кількість автобусів визначаємо за формулою:

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

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

$K_{\text{о}}$ - коефіцієнт дефіциту.

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

Мінімальну кількість автобусів визначаємо за формулою:

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

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

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

Результати розрахунків потрібної кількості автобусів для інших періодів доби наведено у табл. 2.1.

Максимальну кількість автобусів визначаємо за формулою:

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

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

Таблиця 2.1 – Потрібна кількість автобусів за годинами доби

Період часу	Коефіцієнт добової нерівномірності пасажиropотокy	Величина пасажиropотокy, пас./год	Розрахункова кількість автобусів, од.	Скорогована кількість автобусів, од.	Інтервал руху, хв.
6:00 - 7:00	0,21	99	2	3	17,4
7:00 - 8:00	0,78	369	5	5	10,4
8:00 - 9:00	1	473	7	7	7,5
9:00 - 10:00	0,89	421	6	6	8,7
10:00 - 11:00	0,57	270	4	4	13,1
11:00 - 12:00	0,53	251	4	4	13,1
12:00 - 13:00	0,42	199	3	3	17,4
13:00 - 14:00	0,37	175	3	3	17,4
14:00 - 15:00	0,46	218	3	3	17,4
15:00 - 16:00	0,73	345	5	5	10,4
16:00 - 17:00	0,92	435	6	6	8,7
17:00 - 18:00	0,87	412	6	6	8,7
18:00 - 19:00	0,62	293	4	4	13,1
19:00 - 20:00	0,43	203	3	3	17,4
20:00 - 21:00	0,37	175	3	3	17,4
21:00 - 22:00	0,31	147	2	3	17,4
22:00 - 23:00	0,17	80	2	3	17,4
23:00 - 00:00	0,12	57	1	3	17,4

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

Мінімальну кількість автобусів визначаємо за формулою:

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

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

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

З урахуванням установлених обмежень щодо мінімальної та максимальної кількості автобусів виконуємо коригування розрахункової потреби в рухомому складі для кожного періоду доби (табл. 2.1). Отримані результати графічно відображено у вигляді діаграм зміни пасажиропотоків і необхідної кількості автобусів за годинами роботи маршруту (рис. 2.1 та 2.2).

2.2 Розробка графіку роботи водіїв та автобусів на маршруті

Графік роботи водіїв і автобусів на маршруті розробляється із застосуванням графоаналітичного методу [5, 6, 8], що забезпечує раціональний розподіл рухомого складу та робочого часу водіїв залежно від зміни потреби в перевезеннях упродовж доби. Під час його побудови враховуються результати розрахунку необхідної кількості автобусів у різні періоди роботи маршруту, тривалість оберту транспортних засобів, а також вимоги щодо режимів праці та відпочинку водіїв. Розроблений графік роботи водіїв і автобусів наведено на рис. 2.3.

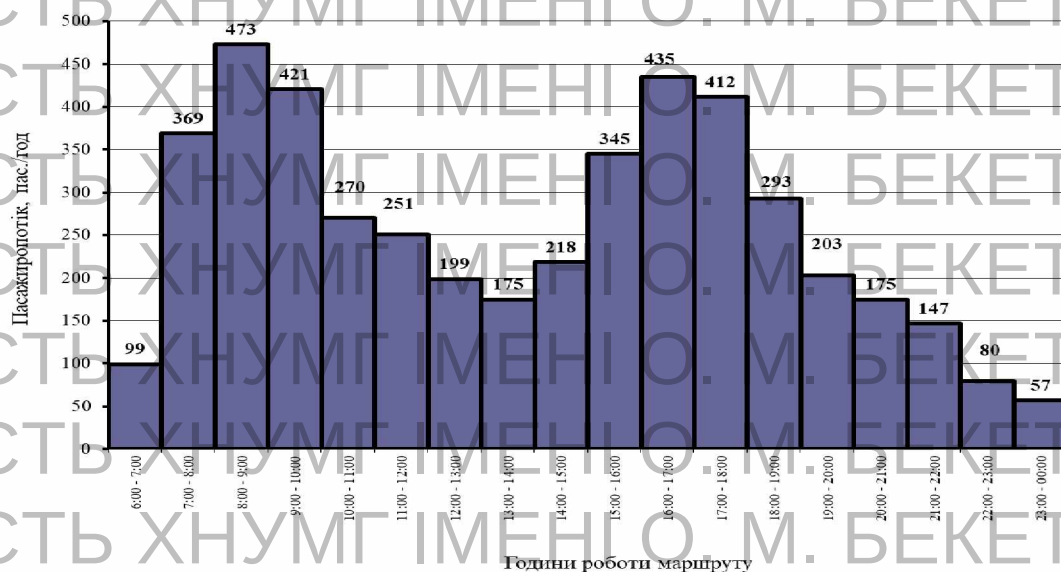


Рисунок 2.1 - Зміна пасажиропотоку у часі

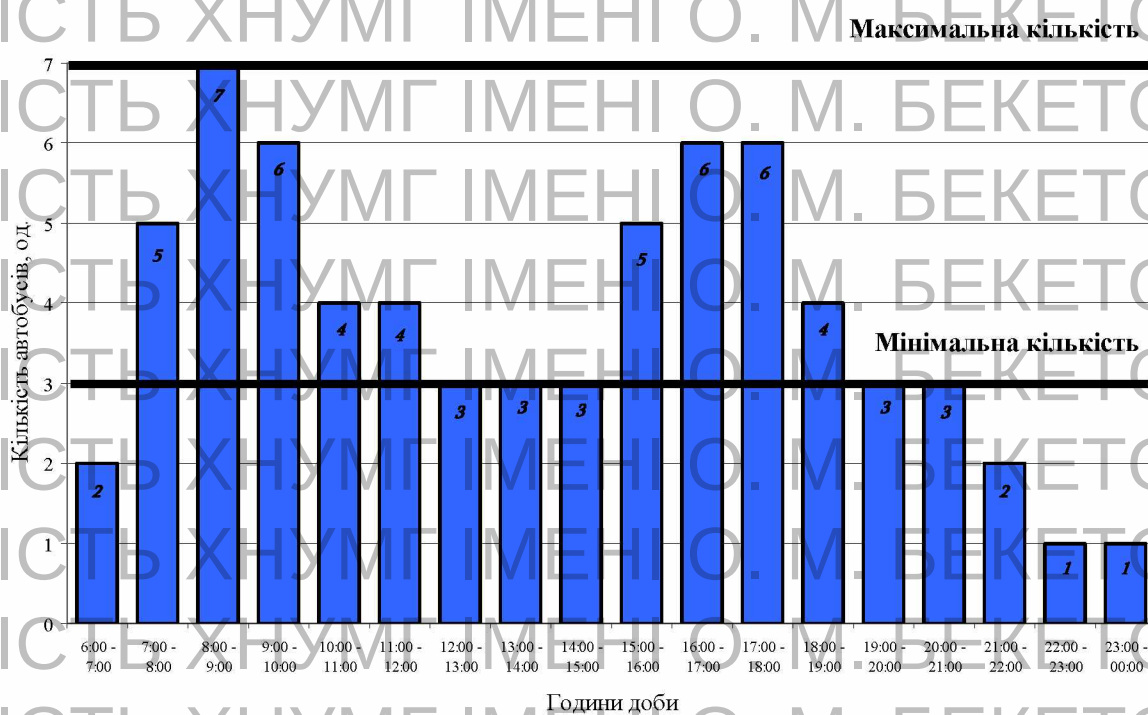


Рисунок 2.2 - Зміна кількості автобусів у часі

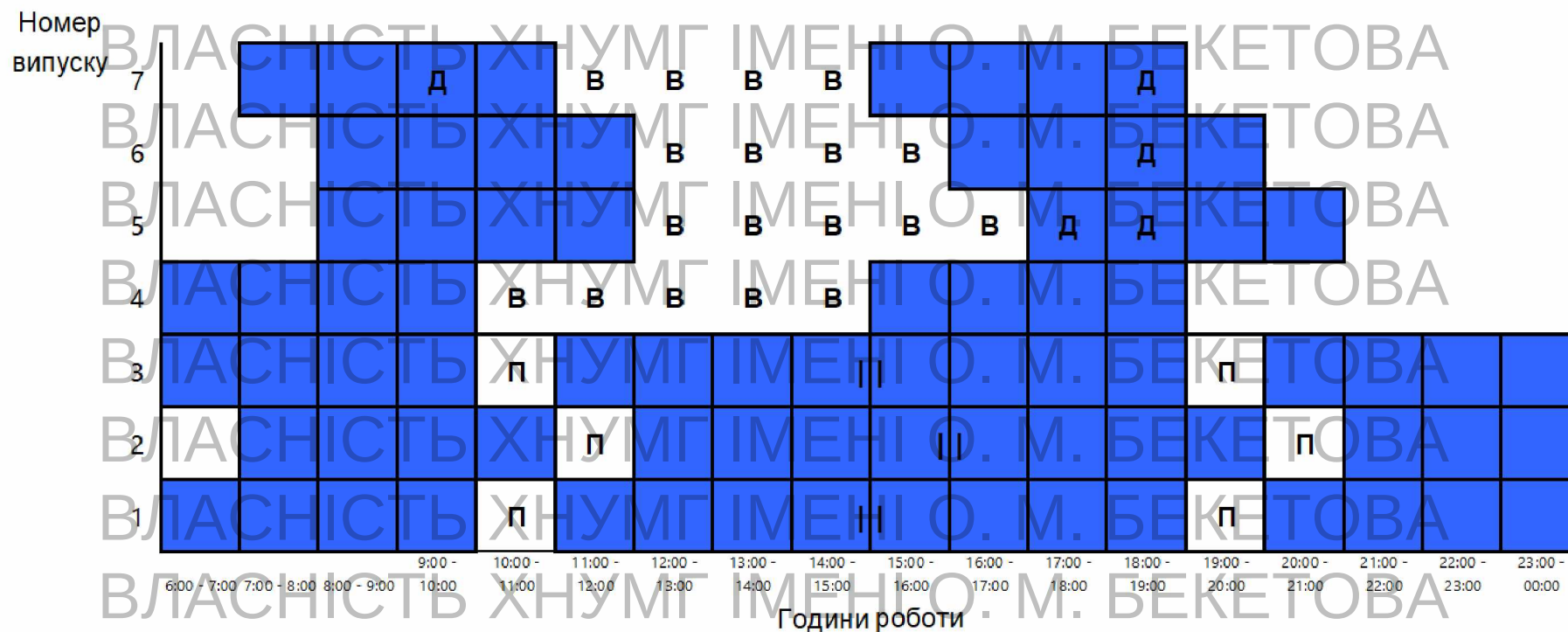


Рисунок 2.3 - Графік роботи водіїв та автобусів

Розраховуємо коефіцієнт ефективності побудови:

$$K_{ef} = \frac{A\Gamma_{not}}{A\Gamma_{nob}}, \quad (2.5)$$

де $A\Gamma_{not}$ – автомобіле-години потрібні;

$A\Gamma_{nob}$ – автомобіле-години побудовані.

Для розробленого графіку коефіцієнт ефективності:

$$K_{ef} = \frac{79}{74} = 0,937.$$

Таке значення коефіцієнту ефективності задовольняє умовам $0,9 \leq K_{ef} \leq 1,0$. Отже побудований графік в подальшому використовуємо для розробки маршрутного розкладу.

2.3 Розробка маршрутного розкладу

Відповідно до графіку визначаємо інтервали руху автобусів у різні години доби:

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

У період з 6:00 по 7:00 інтервал руху буде становити:

$$I_{6:00-7:00} = \frac{52}{3} = 17,4 \text{ хв.}$$

Результати розрахунку для інших періодів представлені у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Інтервали руху автобусів на маршруті

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	5	7	7	4	4	3	3	3
Інтервал руху, хв.	17,4	10,4	7,5	7,5	13,1	13,1	17,4	17,4	17,4
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	6	7	7	3	3	3	3	3
Інтервал руху, хв.	10,4	8,7	7,5	7,5	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4

На основі визначених інтервалів руху автобусів із використанням методики графоаналітичного розрахунку [5, 7, 8] будемо стрічковий графік руху, який відображає послідовність виконання рейсів кожним автобусом протягом робочого дня (рис. 2.4). Розроблений стрічковий графік є основою для формування маршрутного розкладу руху автобусів, який наведено в табл.

2.3. Відповідно до складеного розкладу визначаємо час виїзду кожного випуску з автотранспортного підприємства, що забезпечує своєчасний початок роботи автобусів на маршруті.

$$t_{\text{виїзд}} = t_{\text{відпкЗ1}} - t_0, \quad (2.7)$$

де $t_{\text{відпкЗ1}}$ - час початку першого оберту на маршруті;

t_0 - час нульового пробігу.

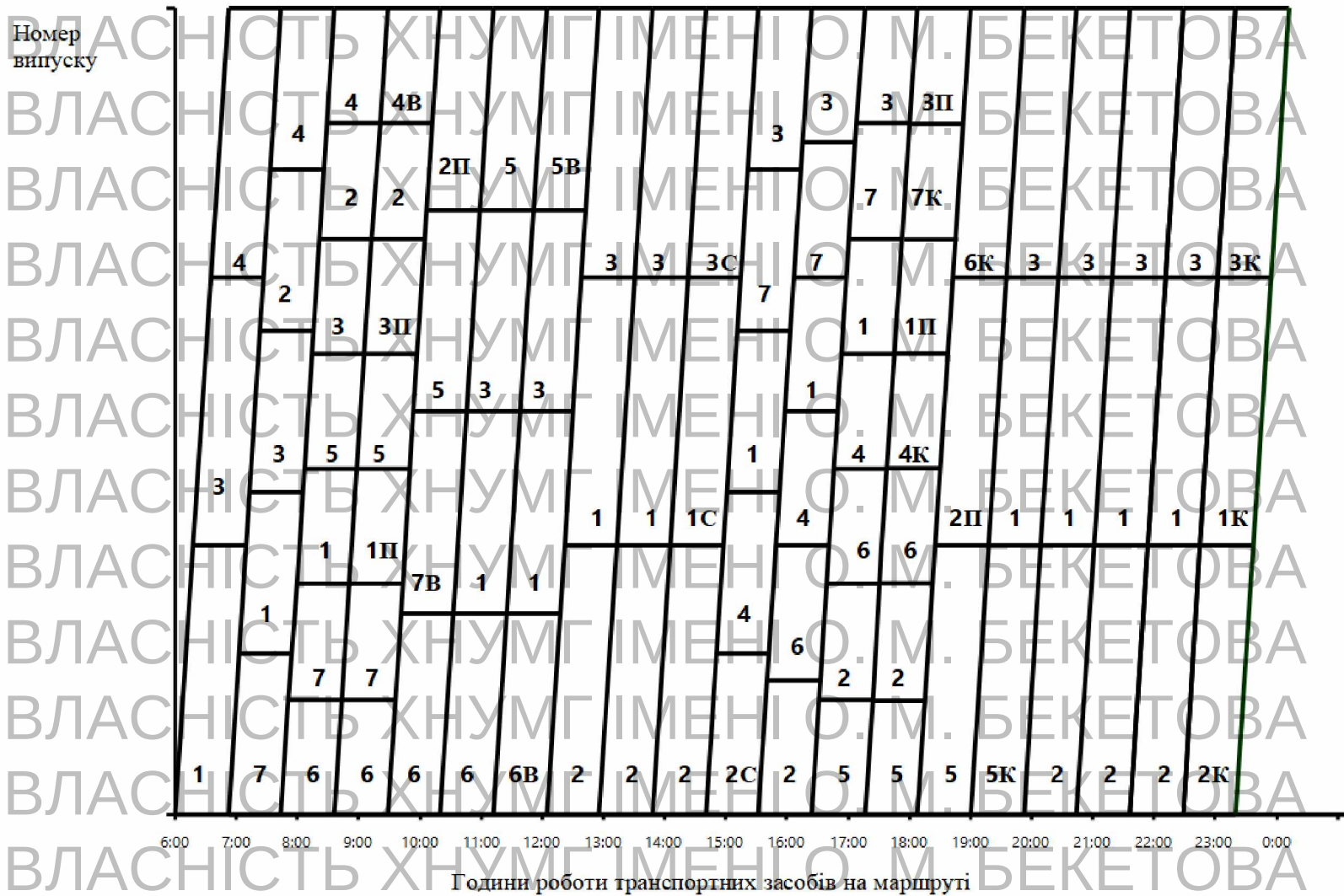


Рисунок 2.4 - Стрічковий графік

Таблиця 2.3 - Розклад руху автобусів

Випуск 1		Випуск 2		Випуск 3		Випуск 4		Випуск 5		Випуск 6		Випуск 7	
K31	K32	K31	K32	K31	K32	K31	K32	K31	K32	K31	K32	K31	K32
6:00	6:26	7:23	7:49	6:17	6:43	6:34	7:00	8:06	8:32	7:44	8:10	6:52	7:18
7:02	7:28	8:21	8:47	7:12	7:38	7:33	7:59	8:58	9:24	8:36	9:02	7:51	8:17
7:58	8:24	9:13	9:39	8:13	8:39	8:28	8:54	9:54	10:20	9:28	9:54	8:43	9:09
8:50	9:16	10:07	10:33	9:05	9:31	9:20	9:46	10:59	11:25	10:20	10:46	9:41	10:07
9:42	П	10:59	П	9:57	П	10:12	В	11:51	12:17	11:12	11:38	10:33	В
10:33	10:59	12:04	12:30	10:46	11:12	14:50	15:16	12:43	В	12:04	В	15:11	15:37
11:25	11:51	12:56	13:22	11:38	12:04	15:49	16:15	16:24	16:50	15:40	16:06	16:06	16:32
12:21	12:47	13:48	14:14	12:38	13:04	16:46	17:12	17:16	17:42	16:38	17:04	17:01	17:27
13:13	13:39	14:40	15:06	13:30	13:56	17:38	18:04	18:08	18:34	17:30	17:56	17:53	18:19
14:05	14:31	15:32	С	14:22	14:48	18:30	К	19:00	19:26	18:42	19:08	18:45	К
14:57	С	15:32	15:58	15:14	С			19:52	К	19:34	К		
15:00	15:26	16:31	16:57	15:21	15:47								
15:58	16:24	17:23	17:49	16:15	16:41								
16:53	17:19	18:25	18:51	17:08	17:34								
17:45	18:11	19:17	П	18:00	18:26								
18:37	П	19:52	20:18	18:52	П								
19:17	19:43	20:44	21:10	19:34	20:00								
20:09	20:35	21:36	22:02	20:26	20:52								
21:01	21:27	22:28	22:54	21:18	21:44								
21:53	22:19	23:20	К	22:10	22:36								
22:45	23:11			23:02	23:28								
23:37	К			23:54	К								

Встановлюємо час повернення автобусів до АТП:

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

де $t_{\text{прибКЗ1}}$ - час завершення останнього оберту.

Час нульового пробігу визначаємо наступним чином:

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

де l_0 - нульовий пробіг, км;

V_m - технічна швидкість, км/год.

$$t_0 = \frac{3,2 \cdot 60}{27} = 10 \text{ хв.}$$

Для першого випуску:

$$t_{\text{виїзд}} = 6:00 - 0:07 = 5:53 \text{ год.}$$

$$t_{\text{заїзд}} = 23:37 + 0:07 = 23:44 \text{ год.}$$

Аналогічні розрахунки проводимо для інших випусків (див. табл. 2.4).

Проводимо розрахунок часу автобусів у наряді:

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

де $t_{обід(відстий)}$ - час перерви (відстою), год.

Таблиця 2.4 – Параметри часу роботи водіїв

Номер випуску			1	2	3	4	5	6	7
Час виїзду з АТП			5:53	7:16	6:10	6:27	7:59	7:37	6:45
Час заїзду в АТП			23:44	23:27	0:01	18:37	19:59	19:41	18:52
Час перерви або відстою	1-зміна		0:50	1:05	0:48	4:37	3:41	3:36	4:38
	2-зміна		0:39	0:34	0:42				
Час роботи на маршруті	1-зміна (до відстою)	до перерви	3:42	3:35	3:40	3:37	4:36	4:20	3:41
		після перерви	4:24	3:28	4:28				
	2-зміна (після відстою)	до перерви	3:40	3:45	3:37	3:39	3:28	3:54	3:33
		після перерви	4:20	3:28	4:20				
	Час в наряді транспортного засобу		16:21	14:31	16:20	7:31	8:18	8:28	7:28
	Кількість обертів		18	16	18	8	9	9	8

Час перебування у наряді автобусу першого випуску дорівнює:

$$T_{n1} = 23:44 - 5:53 - (0:50 + 0:39) = 16:21 \text{ год.}$$

Аналогічні розрахунки виконано для інших випусків, результати яких наведено в табл. 2.4. Проведений аналіз режимів роботи водіїв свідчить, що розроблений маршрутний розклад відповідає вимогам чинного трудового законодавства щодо тривалості праці та відпочинку.

2.4 Висновки по розділу

1. У другому розділі виконано розроблення розкладу руху автобусів на міському маршруті з урахуванням нерівномірності пасажиропотоків

протягом доби. На основі розрахованих годинних пасажиропотоків визначено потребу в рухомому складі для кожного періоду роботи маршруту. Встановлено, що максимальна потреба становить 7 автобусів у години найбільшого попиту, тоді як мінімально необхідна кількість для забезпечення нормативного інтервалу руху дорівнює 3 автобусам. У результаті коригування отримано раціональний розподіл автобусів за годинами доби, що забезпечує відповідність пропозиції транспортних послуг реальному попиту пасажирів.

2. За допомогою графоаналітичного методу розроблено графік роботи автобусів і водіїв, який враховує зміну кількості транспортних засобів на маршруті протягом дня, а також режими праці та відпочинку водіїв. Розраховане значення коефіцієнта ефективності побудови графіка 0,937 свідчить про високу якість його формування та підтверджує можливість практичного використання при організації роботи маршруту.

3. На основі отриманих результатів складено маршрутний розклад руху автобусів, визначено інтервали руху для кожного періоду доби, час виїзду та повернення автобусів до автотранспортного підприємства, а також параметри роботи кожного випуску. Аналіз розробленого розкладу показав, що він забезпечує необхідний рівень транспортного обслуговування пасажирів, раціональне використання рухомого складу та дотримання вимог чинного трудового законодавства щодо режимів праці й відпочинку водіїв.

РОЗДІЛ 3

ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ МАРШРУТУ

3.1 Параметри транспортних та пішохідних потоків

Формуємо схему перехрестя на яку наносимо відомості щодо інтенсивності транспорту та пішоходів (рис. 3.1).

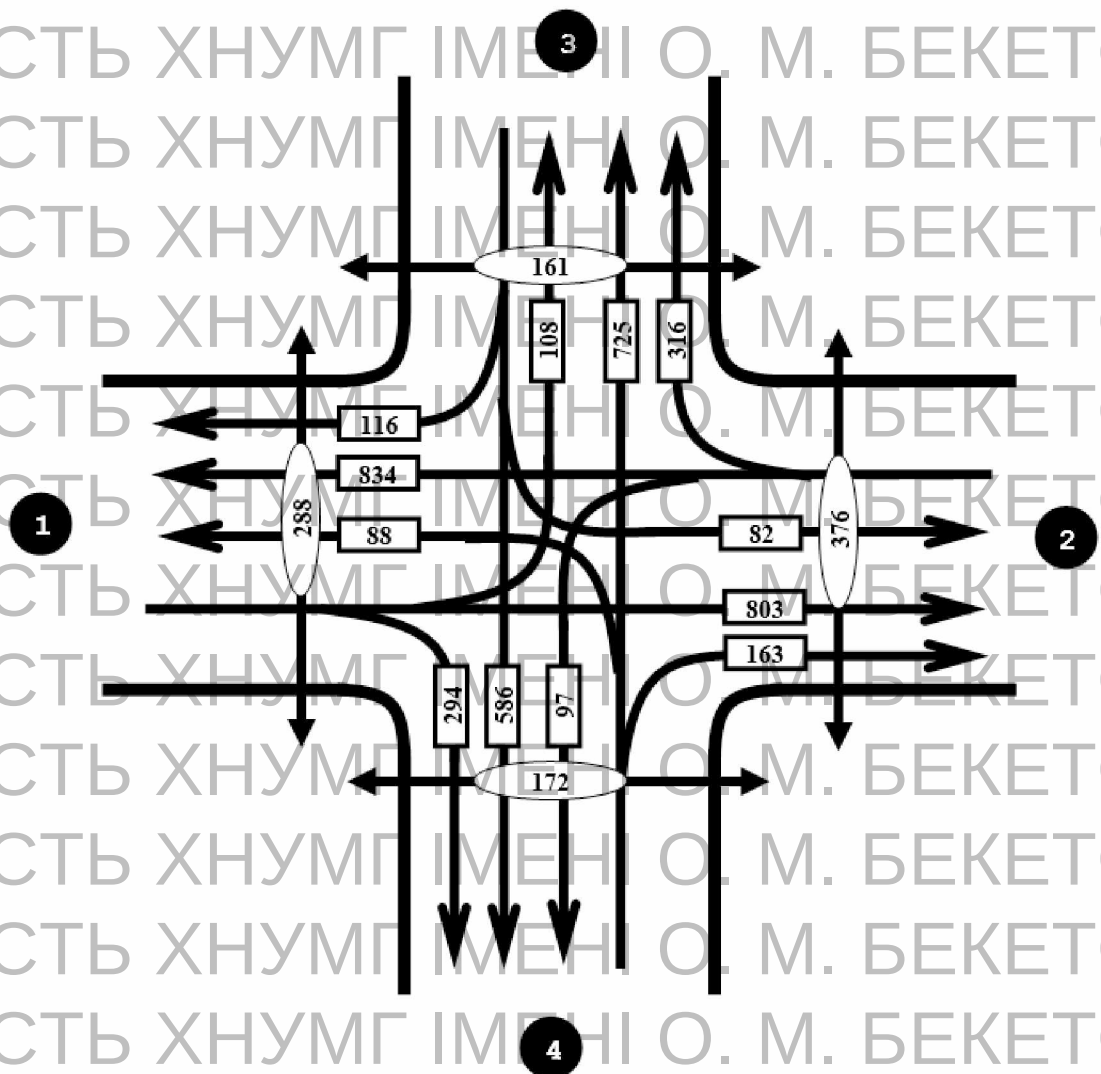


Рисунок 3.1 – Інтенсивність руху

3.2 Розміщення технічних засобів організації дорожнього руху

Розробляємо схему розміщення технічних засобів організації руху на перехресті (рис. 3.2).

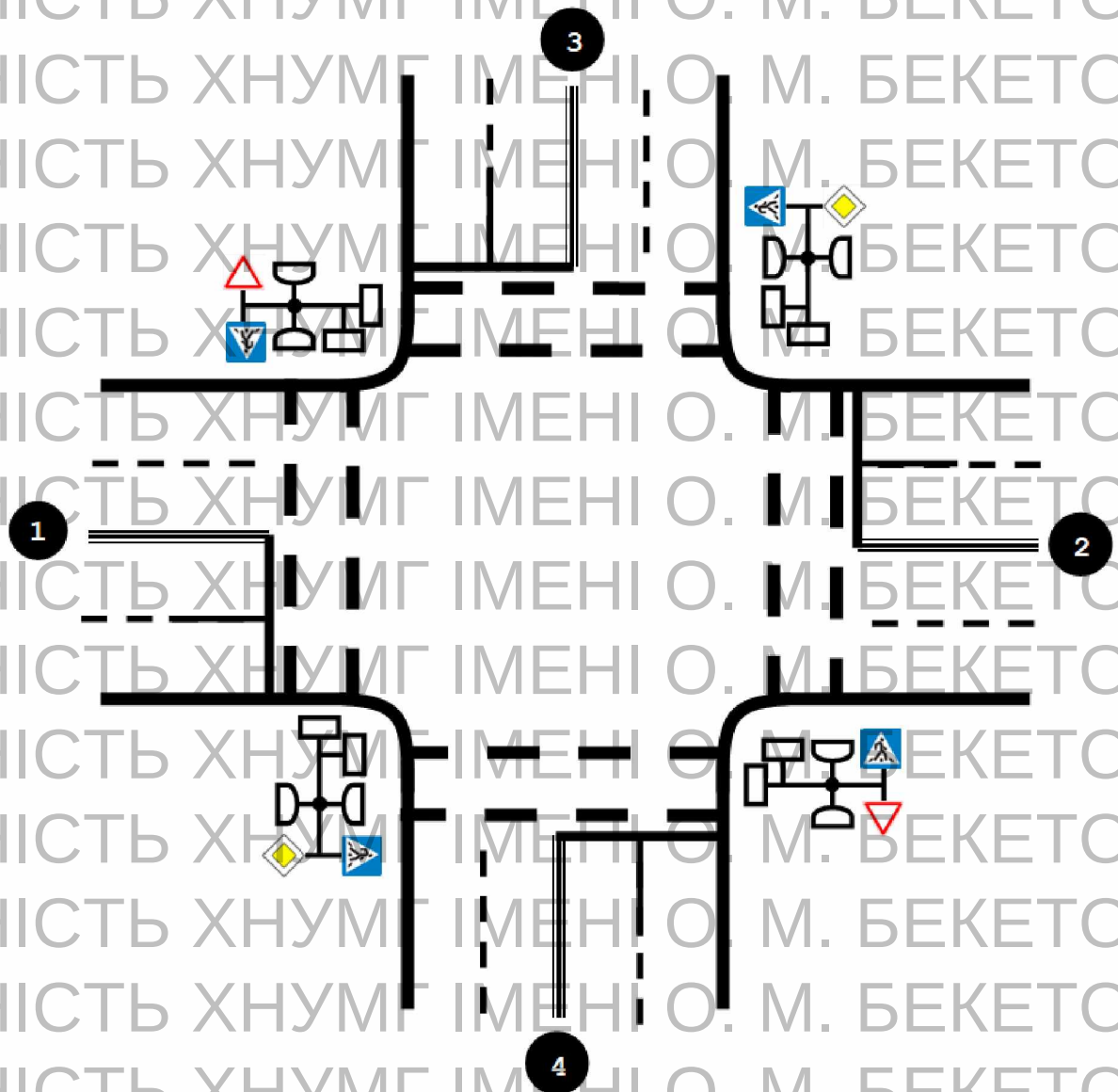


Рисунок 3.2 – Схема розміщення технічних засобів організації руху на перехресті

Відповідно до розробленої схеми передбачено нанесення дорожньої розмітки, встановлення дорожніх знаків і світлофорних об'єктів, що забезпечують безпечну та впорядковану організацію дорожнього руху на перехресті.

3.3 Формування схеми пофазного роз'їзду

На наступному етапі розробляємо схему пофазного роз'їзду транспортних засобів на досліджуваному перехресті. Відповідно до вимог нормативних документів [12, 13], з урахуванням того, що інтенсивність лівоповоротних транспортних потоків не перевищує встановленого граничного значення, приймаємо двофазну схему світлофорного регулювання. Розроблені фази наведено на рис. 3.3 та 3.4.

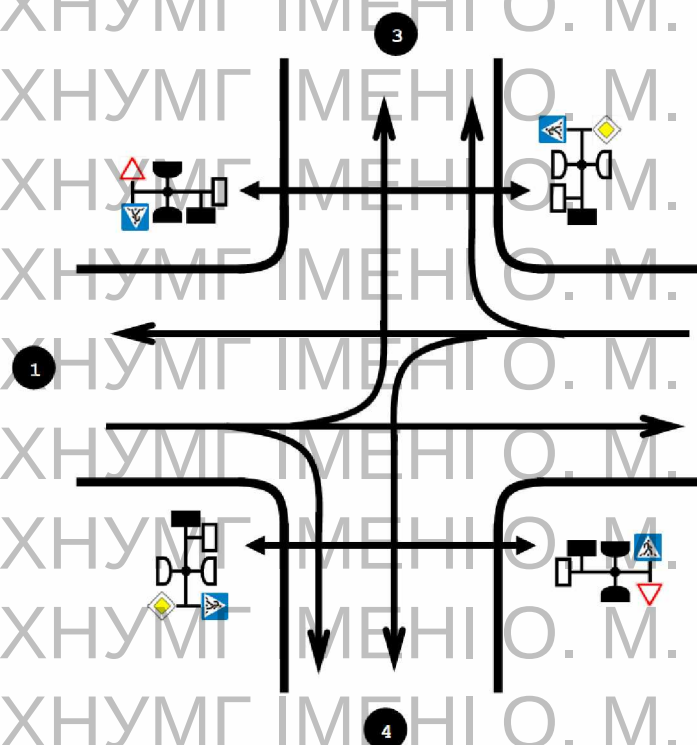


Рисунок 3.3 – Перша фаза світлофорного регулювання

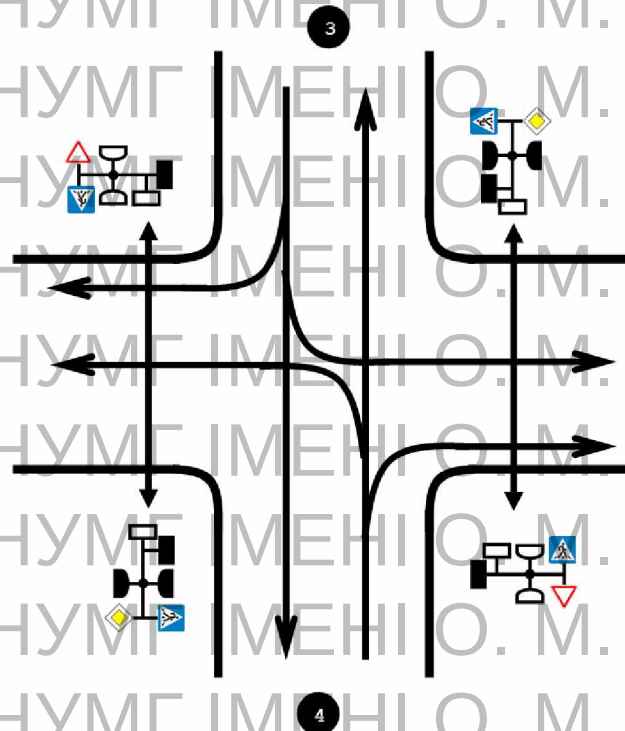


Рисунок 3.4 – Друга фаза світлофорного регулювання

Наступним кроком, з урахуванням сформованої схеми пофазного роз'їзду має бути встановлено раціональні параметри світлофорного регулювання.

3.4 Визначення раціональних параметрів світлофорного регулювання

Проводимо розрахунок величини потоку насичення по формулі:

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

B_{Hij} – ширина дороги, м;

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

У розрахунках приймаємо, що K_R та K_i дорівнюють 1,0.

Коефіцієнт зменшення потоку насичення через вплив складу транспортного потоку визначаємо по формулі:

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

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

$$M_{H1(1-2, 1-3, 1-4)} = 525 \cdot 6,7 \cdot (100 / (66,6 + 1,75 \cdot 9,0 + 1,25 \cdot 24,4)) = 3118 \text{ авт./год.}$$

$$M_{H1(2-1, 2-3, 2-4)} = 525 \cdot 6,7 \cdot (100 / (66,9 + 1,75 \cdot 7,8 + 1,25 \cdot 25,3)) = 3136 \text{ авт./год.}$$

$$M_{H2(3-1, 3-2, 3-4)} = 525 \cdot 6,7 \cdot (100 / (74,7 + 1,75 \cdot 10,5 + 1,25 \cdot 14,8)) = 3153 \text{ авт./год.}$$

$$M_{H2(4-1, 4-2, 4-3)} = 525 \cdot 6,7 \cdot (100 / (74,3 + 1,75 \cdot 9,0 + 1,25 \cdot 16,7)) = 3171 \text{ авт./год.}$$

Фазові коефіцієнти розраховуємо по формулі:

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

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

$$Y_{1(1-2, 1-3, 1-4)} = 1205/3118 = 0,386.$$

$$Y_{1(2-1, 2-3, 2-4)} = 1247/3136 = 0,398.$$

$$Y_{2(3-1, 3-2, 3-4)} = 784/3153 = 0,249.$$

$$Y_{2(4-1, 4-2, 4-3)} = 976/3171 = 0,308.$$

Розрахункові фазові коефіцієнти визначаємо як найбільші значення серед коефіцієнтів, отриманих для кожної фази світлофорного регулювання.

Таким чином, для першої фази приймаємо розрахунковий фазовий коефіцієнт 0,398, а для другої - 0,308.

За результатами розрахунку формуємо табл. 3.1.

Проводимо розрахунок тривалості проміжних тактів:

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

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

Таблиця 3.1 – Потоки насичення та фазові коефіцієнти

Номер фази	Перша		Друга	
	1	2	3	4
Підхід до перехрестя				
Інтенсивність транспортного потоку, авт./год	1205	1247	784	976
Потік насичення, авт./год	3118	3136	3153	3171
Фазовий коефіцієнт	0,386	0,398	0,249	0,308
Розрахунковий фазовий коефіцієнт	0,398		0,308	

a_t – середнє сповільнення автомобіля при гальмуванні, м/с² (приймаємо $a_t = 4$ м/с²);

l_j – відстань між стоп-лінією та найбільш дальньою конфліктною точкою, м;

l_a – середня довжина транспортного засобу у потоці, м.

Час проміжного такту для першої та другої фаз складає:

$$t_n = \frac{46}{7,2 \cdot 4} + \frac{3,6 \cdot (14,1 + 5,3)}{46} = 4 \text{ с.}$$

Проводимо розрахунок часу циклу світлофорного регулювання:

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

де T_n – сума часу проміжних тактів, с;

Y – сума розрахункових фазових коефіцієнтів.

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

де k – кількість фаз регулювання у циклі.

$$T_n = 4 + 4 = 8 \text{ с.}$$

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

$$Y = 0,398 + 0,308 = 0,705.$$

$$T_y = \frac{1,5 \cdot 8 + 5}{1 - 0,705} = 58 \text{ с.}$$

Розраховуємо час, що потрібен пішоходам для перетину дороги по формулі:

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

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

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

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

Розраховуємо тривалість основних тактів по формулі:

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

$$t_{o1} = \frac{(58 - 8) \cdot 0,398}{0,705} = 28 \text{ с.}$$

$$t_{o2} = \frac{(58 - 8) \cdot 0,308}{0,705} = 22 \text{ с.}$$

Розраховуємо середню затримку автомобілів на перехресті по формулі:

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

де K – кількість фаз світлофорного регулювання у циклі, од.;

$t_{\Delta Pj}$ – середня затримка автомобілів, що здійснюють рух у j -ому напрямку, с.

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

де λ – відношення основного такту до циклу світлофорного регулювання.

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

$$\lambda_1 = 28/58 = 0,483; \lambda_2 = 22/58 = 0,379.$$

Розраховуємо ступінь насичення напрямку рухом по формулі:

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

$$X_{1(1-2, 1-3, 1-4)} = \frac{1205 \cdot 58}{3118 \cdot 28} = 0,801.$$

$$X_{1(2-1, 2-3, 2-4)} = \frac{1247 \cdot 58}{3136 \cdot 28} = 0,824.$$

$$X_{2(3-1, 3-2, 3-4)} = \frac{784 \cdot 58}{3153 \cdot 22} = 0,655.$$

$$X_{2(4-1, 4-2, 4-3)} = \frac{976 \cdot 58}{3171 \cdot 22} = 0,812.$$

Середня затримка автомобілів, що здійснюють рух за напрямками 1-2, 1-3 та 1-4 у першій фазі:

$$t_{\Delta Pj(1-2, 1-3, 1-4)} = 0,9 \cdot \left[\frac{58 \cdot (1 - 0,483)^2}{2 \cdot (1 - 0,483 \cdot 0,801)} + \frac{0,801^2}{2 \cdot 1205 \cdot (1 - 0,801)} \right] = 11,38 \text{ с.}$$

Результати розрахунків середніх затримок автомобілів, що здійснюють рух за іншими напрямками представлено у табл. 3.2.

Середня затримка автомобіля на перехресті при запропонованому циклі світлофорного регулювання складає:

$$\overline{t_{\Delta P}^{**}} = \frac{11,38 \cdot 1205 + 11,59 \cdot 1247 + 13,38 \cdot 784 + 14,53 \cdot 976}{1205 + 1247 + 784 + 976} = 12,55 \text{ с.}$$

Аналогічний розрахунок проводимо для існуючих параметрів світлофорного регулювання (табл. 3.3).

Таблиця 3.2 – Запропоновані параметри регулювання

Номер фази	1		2	
Номер підходу	1	2	3	4
Час основного такту, с	28		22	
Час проміжного такту, с	4		4	
Час циклу, с	58			
Потік насичення, авт./год	3118	3136	3153	3171
Інтенсивність руху, авт./год	1205	1247	784	976
Відношення тривалості основного такту до	0,483	0,483	0,379	0,379
Ступінь насичення напрямку руху	0,801	0,824	0,655	0,812
Середня затримка за напрямками, с.	11,38	11,59	13,38	14,53
Середня затримка на перехресті, с	12,55			

Таблиця 3.3 – Існуючі параметри регулювання

Номер фази	1		2	
Номер підходу	1	2	3	4
Час основного такту, с	34		26	
Час проміжного такту, с	4		4	
Час циклу, с	68			
Потік насичення, авт./год	3118	3136	3153	3171
Інтенсивність руху, авт./год	1205	1247	784	976
Відношення тривалості основного такту до	0,500	0,500	0,382	0,382
Ступінь насичення напрямку руху	0,773	0,795	0,650	0,805
Середня затримка за напрямками, с.	12,47	12,70	15,54	16,87
Середня затримка на перехресті, с	14,13			

Проводимо розрахунок зміни середньої затримки транспортних засобів на перехресті у разі впровадження запропонованого циклу регулювання:

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

$$\Delta t = 14,13 - 12,55 = 1,58 \text{ с.}$$

Отримані результати свідчать, що впровадження запропонованих параметрів світлофорного регулювання забезпечить зменшення середньої затримки транспортних засобів на 1,58 с, що підтверджує ефективність і доцільність запропонованого рішення.

3.5 Висновки по розділу

1. У третьому розділі проведено дослідження організації дорожнього руху на регульованому перехресті, розташованому на міському автобусному маршруті. На основі аналізу інтенсивностей транспортних і пішохідних потоків сформовано схему перехрестя та розроблено схему розміщення технічних засобів організації дорожнього руху, яка передбачає встановлення необхідних дорожніх знаків, світлофорних об'єктів і нанесення дорожньої розмітки відповідно до чинних нормативних вимог.

2. З урахуванням характеристик транспортних потоків виконано формування схеми пофазного роз'їзду транспортних засобів. Встановлено, що за існуючої інтенсивності лівоповоротних потоків доцільним є застосування двофазного світлофорного регулювання, яке забезпечує безпечний пропуск транспортних і пішохідних потоків та ефективне використання пропускної спроможності перехрестя.

3. У ході розрахунків визначено потоки насичення, фазові коефіцієнти, тривалість проміжних і основних тактів, раціональну тривалість циклу світлофорного регулювання та середню затримку транспортних засобів. За результатами розрахунків запропоновано цикл регулювання тривалістю 58 с, що включає основні такти тривалістю 28 с і 22 с та проміжні такти по 4 с. Запропоновані параметри забезпечують середню затримку транспортних

засобів на рівні 12,55 с, що відповідає вимогам ефективної організації дорожнього руху.

4. Порівняння запропонованих параметрів світлофорного регулювання з існуючим режимом показало їх перевагу. Унаслідок скорочення тривалості циклу світлофорного регулювання з 68 с до 58 с середня затримка транспортних засобів на перехресті зменшується з 14,13 с до 12,55 с, тобто на 1,58 с. Це підтверджує ефективність запропонованих заходів та доцільність їх впровадження для підвищення пропускної спроможності перехрестя, покращення умов руху громадського транспорту й інших учасників дорожнього руху.

ВИСНОВКИ

1. У першому розділі виконано аналіз пасажиропотоків на міському автобусному маршруті та визначено основні техніко-експлуатаційні параметри його функціонування. За результатами розрахунків встановлено, що максимальний пасажиропотік становить 473 пас./год і спостерігається на перегоні 5–6, а загальний обсяг перевезень у годину дослідження складає 939 пасажирів. Загальна транспортна робота на маршруті дорівнює 5585,5 пас.·км, що характеризує інтенсивність використання маршруту.

2. На підставі величини пасажиропотоку проведено вибір рухомого складу та виконано порівняння двох альтернативних моделей автобусів за експлуатаційними витратами. Встановлено, що найбільш економічно доцільним є використання автобусів Isuzu 092H6, для яких сумарні експлуатаційні витрати становлять 1746,70 грн/год, що є нижчим показником порівняно з альтернативним варіантом.

3. Також визначено основні техніко-експлуатаційні показники роботи маршруту. Розраховано, що для забезпечення перевезень необхідно 7 автобусів, час оберту становить 52 хв, а плановий інтервал руху 7,5 хв. Обчислено середню дальність поїздки пасажирів, коефіцієнти використання місткості автобусів та коефіцієнти змінюваності пасажирів, які підтверджують ефективність запропонованої організації перевізного процесу.

4. Крім того, виконано прогнозування обсягів перевезень, результати якого свідчать про очікуване збільшення пасажиропотоку у 2026 році на 0,28 %. Отримані результати є вихідною базою для подальшого розроблення раціонального розкладу руху автобусів та вдосконалення організації перевезень на маршруті.

5. У другому розділі виконано розроблення розкладу руху автобусів на міському маршруті з урахуванням нерівномірності пасажиропотоків

протягом доби. На основі розрахованих годинних пасажиропотоків визначено потребу в рухомому складі для кожного періоду роботи маршруту. Встановлено, що максимальна потреба становить 7 автобусів у години найбільшого попиту, тоді як мінімально необхідна кількість для забезпечення нормативного інтервалу руху дорівнює 3 автобусам. У результаті коригування отримано раціональний розподіл автобусів за годинами доби, що забезпечує відповідність пропозиції транспортних послуг реальному попиту пасажирів.

6. За допомогою графоаналітичного методу розроблено графік роботи автобусів і водіїв, який враховує зміну кількості транспортних засобів на маршруті протягом дня, а також режими праці та відпочинку водіїв. Розраховане значення коефіцієнта ефективності побудови графіка 0,937 свідчить про високу якість його формування та підтверджує можливість практичного використання при організації роботи маршруту.

7. На основі отриманих результатів складено маршрутний розклад руху автобусів, визначено інтервали руху для кожного періоду доби, час виїзду та повернення автобусів до автотранспортного підприємства, а також параметри роботи кожного випуску. Аналіз розробленого розкладу показав, що він забезпечує необхідний рівень транспортного обслуговування пасажирів, раціональне використання рухомого складу та дотримання вимог чинного трудового законодавства щодо режимів праці й відпочинку водіїв.

8. У третьому розділі проведено дослідження організації дорожнього руху на регульованому перехресті, розташованому на міському автобусному маршруті. На основі аналізу інтенсивностей транспортних і пішохідних потоків сформовано схему перехрестя та розроблено схему розміщення технічних засобів організації дорожнього руху, яка передбачає встановлення необхідних дорожніх знаків, світлофорних об'єктів і нанесення дорожньої розмітки відповідно до чинних нормативних вимог.

9. З урахуванням характеристик транспортних потоків виконано формування схеми пофазного роз'їзду транспортних засобів. Встановлено, що за існуючої інтенсивності лівоповоротних потоків доцільним є застосування двофазного світлофорного регулювання, яке забезпечує безпечний пропуск транспортних і пішохідних потоків та ефективне використання пропускної спроможності перехрестя.

10. У ході розрахунків визначено потоки насичення, фазові коефіцієнти, тривалість проміжних і основних тактів, раціональну тривалість циклу світлофорного регулювання та середню затримку транспортних засобів. За результатами розрахунків запропоновано цикл регулювання тривалістю 58 с, що включає основні такти тривалістю 28 с і 22 с та проміжні такти по 4 с. Запропоновані параметри забезпечують середню затримку транспортних засобів на рівні 12,55 с, що відповідає вимогам ефективної організації дорожнього руху.

11. Порівняння запропонованих параметрів світлофорного регулювання з існуючим режимом показало їх перевагу. Унаслідок скорочення тривалості циклу світлофорного регулювання з 68 с до 58 с середня затримка транспортних засобів на перехресті зменшується з 14,13 с до 12,55 с, тобто на 1,58 с. Це підтверджує ефективність запропонованих заходів та доцільність їх упровадження для підвищення пропускної спроможності перехрестя, покращення умов руху громадського транспорту й інших учасників дорожнього руху.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Доля В. К. Пасажирські перевезення: підручник Харків: Форт, 2010. 504 с.
2. 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.
3. Лежнева О. І. Організація перевезень пасажирів у містах: Навчальний посібник. Харків: Точка, 2010. 311 с.
4. 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.
5. Безлюбченко О. С., Гордієнко С. М., Завальний О. В. Планування міст і транспорт : навч. Посібник. Харків: ХНАМГ, 2008. 156 с.
6. Вакуленко К. Є., Доля К. В. Управління міським пасажирським транспортом: навч. посібник. Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2015. 257 с.
7. Босняк М.Г. Пасажирські автомобільні перевезення. Навчальний посібник. Київ: Слово, 2009. 272 с.
8. Кашканов В. А., Кашканов А. А., Варчук В. В. Організація автомобільних перевезень: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2017. 139 с.
9. Давідіч Ю. О. Розробка розкладу руху транспортних засобів при організації пасажирських перевезень: навч. посіб. Харків: ХНАМГ, 2010. 345 с.
10. Ceder A. Public transit planning and operation: theory, modeling and practice. Oxford: Elsevier, 2007. 626 p.
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.