

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 8120 пасажирів**

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

Савенков Д. М.

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)
(цифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

к.т.н., доц. Куш С. І. _____

“ _____ ” _____ 2026 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Савенкову Денису Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Проектування організації перевезень на міському автобусному маршруті з добовим обсягом перевезень 8120 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 10.06.2026

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	22.05.2026 – 28.05.2026	
2.	Розробка розкладу руху	29.05.2026 – 03.06.2026	
3.	Організація дорожнього руху на перехресті маршруту	04.06.2026 – 10.06.2026	

Студент

(підпис)

Савенков Д. М.

(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	446	0	10	224	0
2	98	10	9	71	3
3	63	15	8	42	7
4	65	33	7	36	10
5	44	48	6	29	15
6	32	52	5	22	32
7	16	63	4	14	34
8	14	85	3	11	45
9	9	106	2	7	82
10	0	375	1	0	228

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	0,93	1,05	1,06	1,12	0,89	0,91	1,12	0,91	1,03

Таблиця 3 - Параметри маршруту

Показники	Значення
Експлуатаційна швидкість, км/год	20
Технічна швидкість, км/год	26
Відстань нульового пробігу, км	3,9
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	254073	274207	297259
Лютий	269598	263524	242999
Березень	241998	262882	270081
Квітень	268120	253163	268551
Травень	268120	264240	250346
Червень	261712	282452	295333
Липень	227705	218214	216459
Серпень	225733	234068	252324
Вересень	264670	290178	273745
Жовтень	264670	243584	242857
Листопад	252841	269056	260083
Грудень	270091	255841	261810

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	0,28	0,87	1	0,92	0,61	0,46	0,42	0,37	0,44	0,71	0,92	0,89	0,67	0,44	0,31	0,29	0,21	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	3,3 (2,9)			3,3 (2,9)		
Напрямок руху	1-2	1-3	1-4	2-1	2-4	2-3
Інтенсивність руху, авт./год	887	116	307	953	109	324
Інтенсивність пішохідних потоків, пас./год	263			306		
Номер підходу до перехрестя	3			4		
Кількість смуг руху, од.	2			2		
Ширина першої смуги руху (другої), м	3,3 (2,9)			3,3 (2,9)		
Напрямок руху	3-4	3-2	3-1	4-3	4-1	4-2
Інтенсивність руху, авт./год	701	92	163	629	78	184
Інтенсивність пішохідних потоків, пас./год	195			183		

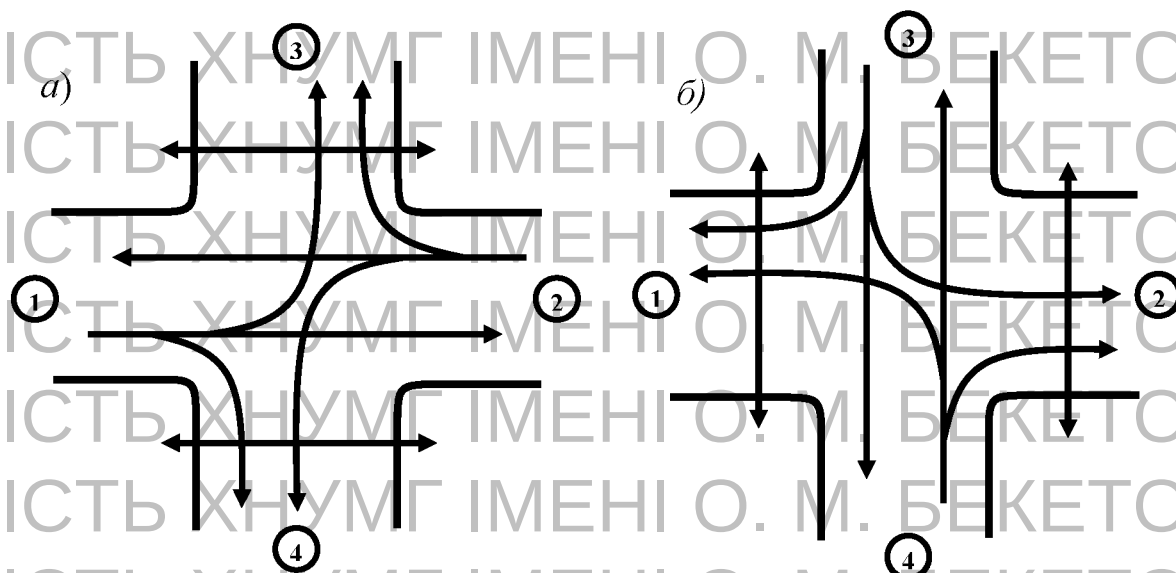


Рисунок 1 – Існуюча схема пофазного роз'їзду:

а) I фаза; б) II фаза.

Таблиця 7 — Характеристики існуючого циклу світлофорного регулювання

Номер фази	1	2
Час основного такту, с	48	36
Час проміжного такту, с	4	4
Час циклу, с	92	

Студент

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки становить 75 сторінок. Робота містить 11 ілюстрацій, 12 таблиць та список використаної літератури із 13 джерел.

Об'єктом дослідження є міський автобусний маршрут із добовим попитом на перевезення в обсязі 8120 пасажирів.

Мета роботи полягає у проектуванні процесу організації перевезень на заданому міському автобусному маршруті в обсязі 8120 пасажирів на добу. Під час проектування враховувалися характеристики пасажиропотоків, розрахункові техніко-експлуатаційні показники та фактичні умови дорожнього руху на трасі маршруту.

Метод дослідження: в основу роботи покладено аналітичний метод.

У межах кваліфікаційної роботи було встановлено, що максимальний пасажиропотік на маршруті складає 614 пас/год. Спираючись на цей показник, для виконання перевезень було обрано автобуси марки ЗАЗ А10С3А. Аналіз добової нерівномірності пасажиропотоку дозволив розрахувати оптимальну кількість транспортних засобів для роботи в різні години доби. Виходячи з обраних режимів праці водіїв та рухомого складу, було побудовано стрічковий графік та складено детальний маршрутний розклад руху. Також у роботі приділено увагу інфраструктурі на маршруті. Розроблено схему облаштування перехрестя технічними засобами організації дорожнього руху та запропоновано скоригувати параметри роботи світлофорного об'єкта.

Рекомендації з впровадження: результати та розрахунки можуть бути застосовані на практиці для вирішення завдань з оптимізації організації перевезень на діючих міських автобусних маршрутах.

МАРШРУТНИЙ ПАСАЖИРСЬКИЙ ТРАНСПОРТ, АВТОБУС, ГРАФІК
РУХУ, РОЗКЛАД РУХУ, ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
Розділ 1 ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ.....	10
1.1 Аналіз методів проєктування організації перевезень на міському автобусному маршруті.....	10
1.2 Розрахунок пасажиропотоку на маршруті.....	29
1.3 Вибір раціональної марки автобусів.....	33
1.4 Розрахунок основних техніко-експлуатаційних показників.....	39
1.5 Прогнозування обсягу перевезень на маршруті.....	43
1.6 Висновки за розділом.....	45
Розділ 2 РОЗРОБКА РОЗКЛАДУ РУХУ.....	47
2.1 Визначення необхідної кількості автобусів.....	47
2.2 Розробка графіків роботи водіїв та автобусів.....	51
2.3 Розробка розкладу руху на маршруті.....	51
2.4 Висновки за розділом.....	58
Розділ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ МАРШРУТУ.....	59
3.1 Характеристики дорожнього руху на перехресті.....	59
3.2 Облаштування перехрестя засобами організації дорожнього руху.....	60
3.3 Проєктування схеми пофазного роз'їзду на перехресті.....	61
3.4 Проєктування режиму роботи світлофорної сигналізації.....	62
3.5 Висновки за розділом.....	71
ВИСНОВКИ.....	72
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	74

					ННІЕІТІ ТСЛІ ТТ 2022-2 ТТ XXX...Х ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка		
Розроб.		Савенков Д.М.					
Перевір.		Понкратов Д.П.					
Н. контр.		Бурко Д.Л.					
Затв.		Куш Є.І.					
					Літера	Аркуш	Аркушів
					ò п у	8	75
					ХНУМГ		

ВСТУП

Міська мобільність є одним з ключових викликів, з якими стикаються сучасні міста. Ефективність пасажирських перевезень безпосередньо впливає на економічну активність, екологічну стійкість та загальну якість життя. Зі зростанням міст та збільшенням щоденного попиту на перевезення, потреба в добре спланованих та адаптивних системах громадського транспорту стає все більш очевидною.

Автобусний транспорт займає унікальне місце в мережі міського транспорту завдяки своїй операційній гнучкості, відносно низькій вартості та здатності досягати районів, які не обслуговуються системами фіксованих колій. Однак, для досягнення надійного та ефективного обслуговування, організація автобусних перевезень вимагає ретельного аналізу та координації численних факторів. До них відносять розподіл попиту пасажирів, умови дорожнього руху, вибір відповідного рухомого складу та складання графіків руху транспортних засобів.

Ця робота зосереджена на покращенні організації пасажирських перевезень за обраним міським автобусним маршрутом. Передбачає оцінку інтенсивності та структури пасажиропотоків, оцінку технічних та експлуатаційних характеристик послуги та розробку рекомендацій щодо оптимізації розкладу руху та організації дорожнього руху на маршруті.

Актуальність теми впливає зі зростаючої важливості сталих та ефективних рішень громадського транспорту, які можуть адаптуватися до динамічних умов міської мобільності. Мета цієї роботи – проєктування процесу організації перевезень на заданому міському автобусному маршруті в обсязі 8120 пасажирів на добу, враховуючи такі параметри, як характеристики пасажиропотоків, розрахункові техніко-експлуатаційні показники (ТЕП) та фактичні умови дорожнього руху на трасі маршруту.

РОЗДІЛ 1

ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

1.1 Аналіз методів проєктування організації перевезень на міському автобусному маршруті

У сучасних містах автобусний транспорт є ключовою складовою системи пасажирських перевезень, що відіграє визначальну роль у забезпеченні життєдіяльності міста. Ефективність функціонування міста безпосередньо залежить від якості транспортного обслуговування, оскільки транспортна рухливість населення постійно зростає [1, 2]. Автобусні перевезення – це не лише сфера послуг, а й необхідна умова роботи міської економіки, що забезпечує територіальну єдність усіх зон міста [3]. До того ж, цей вид транспорту забезпечує загальну мобільність населення та є важливим чинником розвитку продуктивних сил [4].

Міський автобус – це безрейковий вид транспорту з автономним енергопостачанням, який не потребує побудови спеціальної інфраструктури, як рейки та контактна мережа [4 - 6]. Ці техніко-експлуатаційні характеристики визначають сферу його раціонального застосування та роль у транспортній системі, що також залежить від масштабу міста.

У малих та середніх містах автобус зазвичай є єдиним видом масового пасажирського транспорту, що повністю задовольняє потреби населення у перевезеннях [3 - 6]. У великих містах він частіше виконує роль підвізного транспорту до таких магістральних ліній, як метрополітен та швидкісний трамвай. Або обслуговує райони без електротранспорту. Питома вага автобусних перевезень у таких містах зазвичай становить 30–45% [4 - 6].

Пріоритетна роль автобусних перевезень зумовлена їхніми експлуатаційними перевагами:

- маневреність та автономність – автобус може змінювати траєкторію, об'їжджати перешкоди та затори, що забезпечує вищу стабільність роботи у щільному трафіку порівняно з рейковим транспортом [1, 4, 5];

- гнучкість маршрутної мережі – незалежність від спеціальної інфраструктури дозволяє швидко змінювати траси або відкривати нові напрямки без значних капіталовкладень [1, 3 - 6];

- універсальність та доступність – густа мережа маршрутів дозволяє доставляти пасажирів практично «від дверей до дверей» та забезпечує зручну пішохідну доступність до зупинок [1, 5, 7].

Соціально-економічне значення автобусного транспорту також полягає в економії часу. Його середня швидкість в 20 км/год у 4 рази перевищує швидкість пішохода, що значно розширює зону доступності соціально-культурних об'єктів [1]. Та якісна організація перевезень мінімізує «транспортне стомлення», яке безпосередньо впливає на здоров'я та продуктивність праці населення [2, 3].

Водночас під час проєктування перевезень необхідно враховувати й недоліки автобусів порівняно з електротранспортом. Це нижча екологічність, вища собівартість та менша провізна здатність [1, 4 - 6]. Ефективність усієї системи залежить від обґрунтованого вибору рухомого складу відповідно до наявного пасажиропотоку [2, 4].

Ефективна робота міського пасажирського транспорту ґрунтується на раціональній організації маршрутної мережі. Автобусний маршрут – це складна технологічна та організаційна система, що забезпечує взаємодію між попитом населення на пересування та пропозицією транспортних послуг [1].

Маршрут – це регламентований шлях транспорту між початковим і кінцевим пунктами з визначеними місцями для посадки та висадки пасажирів, рух на якому відбувається за затвердженим розкладом [1, 3 - 5]. Формально транспортну мережу міста можна представити як зв'язний граф, де вершинами є зупинні пункти або транспортні райони, а дугами – відрізки шляху, що їх

з'єднують [3]. Ефективність маршрутної системи залежить від її сполучності, яка має два виміри: територіальний і часовий [2].

Міські автобусні маршрути класифікують за декількома критеріями [1 - 6].

За часом дії поділяються на [1 - 6]:

- постійні маршрути, що діють протягом всього року;
- тимчасові маршрути (сезонні), працюють в певні періоди часу.

За призначенням виділяють [1 - 6]:

- основні маршрути;
- підвізні маршрути, які підвозять до маршрутів інших видів транспорту.

За шляхом проходження [1 - 6]:

- маятникові маршрути (в прямому і зворотному напрямках по одній трасі);
- кільцеві маршрути (шлях складає замкнений контур).

За розташуванням на території міста [1 - 6]:

- діаметральні маршрути;
- радіальні маршрути;
- тангенціальні (хордові) маршрути;
- кільцеві маршрути;
- периферійні маршрути;
- комбіновані маршрути.

За умовами використання та режимом руху [1 - 6]:

- звичайні маршрути, на яких передбачена обов'язкові зупинки;
- скорочені маршрути організовуються лише на частині звичайного маршруту з найбільш інтенсивним пасажиропотоком. Бувають постійними та тимчасовими;
- експресні маршрути, які передбачають рух прямим сполученням без проміжних зупинок. Розрізняють постійні та тимчасові;

- швидкісні (напівекспресні маршрути) здійснюють зупинки лише на встановлених зупинках.

Базова територіальна класифікація розмежовує маршрути за адміністративними межами. Для міських перевезень ключовими є міські та приміські маршрути.

Організація перевезень на міських автобусних маршрутах – це складний виробничо-технологічний процес, що потребує системного комплексу технічних, технологічних та організаційних заходів [1 - 6]. Його головна мета – своєчасне, повне, безпечне й комфортне задоволення транспортного попиту населення та високий рівень культури обслуговування [1 - 10]. При цьому якість транспортного обслуговування не обмежується лише фактом перевезення пасажирів. Вона охоплює комфортні умови поїздки, мінімізацію «транспортного стомлення» та дотримання вимог екологічної безпеки [2 - 6].

Ефективність транспортної системи безпосередньо залежить від науково обґрунтованого планування та правильного вибору методів організації руху, що забезпечують баланс між економічними інтересами перевізника та соціальними стандартами перевезень [2 - 6, 8]. Рациональний розподіл транспортних ресурсів можливий лише за умови детального аналізу пасажиропотоків із врахуванням їхньої нерівномірності в часі та просторі [1, 3 - 6, 8]. Саме узгодження провізних можливостей із реальним попитом дозволяє обґрунтовано обрати тип і кількість рухомого складу, розрахувати необхідні інтервали руху та забезпечити нормативний рівень наповнення салону [1, 3 - 5, 8].

Ефективна організація перевезень на міських автобусних маршрутах потребує системного підходу та послідовного виконання розрахункових і організаційних етапів. Такий алгоритм дозволяє адаптувати параметри маршруту до реальних потреб населення та умов вулично-дорожньої мережі. До основних завдань під час проєктування організації перевезень належать [1 - 6].

- 1) проведення комплексного обстеження пасажиропотоків;
- 2) систематизація та обробка результатів обстежень пасажиропотоків;
- 3) обґрунтування вибору раціональної марки автобуса;
- 4) розрахунок основних техніко-експлуатаційних показників перевезень;
- 5) визначення необхідної планової кількості автобусів обраної марки;
- 6) розробка графіків та розкладів руху автобусів на маршруті;
- 7) розробка заходів щодо удосконалення організації дорожнього руху вздовж траси маршруту.

Структура процесу організації перевезень схематично представлена на рис. 1.1.

Вибір технологічних параметрів та схеми роботи автобусів на маршруті має спиратися на комплексний аналіз критеріїв, що враховують інтереси всіх учасників перевізного процесу. Ефективність маршруту варто розглядати як компроміс між потребами пасажирів, інтересами перевізника та вимогами міста [5, 6]. Для обґрунтування параметрів та оцінки роботи рухомого складу використовується система ТЕП. До ключових критеріїв ефективності перевізного процесу належать:

- показники продуктивності та результативності — загальний обсяг перевезень і пасажирообіг, що визначають корисну транспортну роботу та є результуючими характеристиками маршруту [1, 4, 9];
- швидкісні та часові параметри — технічна, експлуатаційна швидкість та швидкість сполучення. Вони впливають на час рейсу й обороту автобуса, швидкість доставки пасажирів та потребу в рухомому складі [1, 3, 4, 9]. Для пасажирів важливим є мінімізація загальних витрат часу на пересування, включно з підходом до зупинки та очікуванням [2, 5, 6];



Рисунок 1.1 – Схема процесу організації перевезень на міському автобусному маршруті

- параметри ритмічності та інтенсивності руху – частота руху та інтервали між автобусами. Їх розраховують на основі нерівномірності пасажиропотоків, що визначає рівень комфорту очікування транспорту [1, 4, 9];

- показники використання місткості – статичний та динамічний коефіцієнти наповнюваності салону. Вони відображають відповідність обраного рухомого складу реальному попиту, ефективність використання номінальної місткості та умови проїзду [1 - 4];

- показники надійності та якості – коефіцієнт регулярності руху, який відображає точність дотримання розкладу та ритмічність перевезень. Це головний індикатор якості обслуговування та гарантія надійності для пасажирів [1 - 3, 5, 6, 9];

- економічні показники та ефективність використання ресурсів – собівартість перевезень, рентабельність і коефіцієнт використання пробігу, що визначає частку продуктивного пробігу з пасажиром у загальному пробігу [3 - 5, 9].

Ефективне планування та організація роботи міського автобусного маршруту, раціональне використання рухомого складу та якісне обслуговування пасажирів вимагають повної та достовірної інформації про потреби населення. Основою для отримання таких даних є обстеження пасажиропотоків. Вони дозволяють виявити закономірності змін попиту в часі й просторі, визначити проблемні ділянки мережі та сформулювати вихідні дані для планування й оперативного управління перевезеннями [1 - 6].

Ключовими характеристиками для вивчення є: потужність пасажиропотоку, пасажирообмін зупинних пунктів, матриця кореспонденцій поїздок, загальний обсяг перевезень, середня дальність поїздки та коефіцієнт змінюваності пасажирів у салоні [3, 5].

Для збору цих даних на практиці застосовують різні методи обстеження, які класифікують за ключовими ознаками [1 - 6]:

- за тривалістю та періодичністю проведення — систематичні (проводяться регулярно працівниками служби експлуатації для поточного контролю) та разові (короткочасні заходи для вирішення конкретних завдань);

- за охопленням досліджуваного об'єкта — суцільні (одночасне, але трудомістке обстеження всієї транспортної мережі міста для отримання повної картини) та вибіркові (локальні дослідження на окремих маршрутах або вузлах);

- за технологією отримання даних — звітно-статистичні, анкетні, натурні та автоматизовані методи.

Звітно-статистичний метод ґрунтується на аналізі фінансової та квиткової документації. Він дає змогу визначити загальні обсяги перевезень та їх динаміку за тривалий час. Проте точність цього методу є обмеженою через пасажирів пільгових категорій та використання проїзних квитків тривалого користування. До того ж він не дозволяє оцінити розподіл пасажиропотоку за окремими перегонами маршруту [3, 4].

Анкетний метод передбачає опитування респондентів за допомогою спеціальних анкет. Він є цінним для стратегічного планування, оскільки дозволяє виявити не лише фактичні, а й потенційні пересування незалежно від наявної маршрутної мережі [1, 3, 4].

Найбільш точну картину розподілу навантаження на маршруті дають натурні обстеження. До них відносять табличний, талонний та візуальний методи [1 - 6].

Табличний метод є одним з найбільш інформативних та універсальних. Обліковці знаходяться біля дверей автобуса та фіксують у спеціальних таблицях кількість пасажирів, які увійшли та вийшли на кожній зупинці. Це дає змогу отримати точні дані про пасажирообмін зупинок і наповнення салону на кожному перегоні, що є критично важливим для напружених маршрутів [1 - 3, 5, 6].

Талонний метод передбачає видачу пасажиру талона з позначкою зупинки при вході та його вилучення на виході. Цей метод трудомісткий, але дозволяє побудувати повну матрицю кореспонденцій, визначити середню дальність поїздки та коефіцієнт пересадочності [1- 4, 6].

Візуальний метод використовують для оперативної експрес-оцінки завантаження автобусів. Зазвичай наповнення оцінюють за п'ятибальною шкалою [2 - 4, 6]:

- 1 бал – наявні вільні місця для сидіння;
- 2 бали – зайняті всі місця для сидіння;
- 3 бали – є пасажир, що стоїть, але вільно;
- 4 бали – номінальна місткість використана повністю;
- 5 балів – автобус переповнений, частина пасажирів не змогла здійснити посадку.

Автоматизовані методи стають все більш актуальними, оскільки дозволяють усунути людський фактор та безперервно отримувати дані. Їх поділяють на [1 - 3, 6]:

- контактні (система "контактна сходінка") – фіксація входу/виходу через замикання контактів під вагою пасажирів;
- неконтактні – використання фотоелектричних датчиків у дверних отворах. Головним недоліком є зниження точності в години "пік", коли пасажирів рухаються щільними групами;
- вагові (непрямі) – визначення кількості пасажирів через зважування салону за допомогою тензометричних датчиків на пневморесорах.

Зібрані первинні дані систематизують та математично обробляють. Це необхідно для розрахунку ТЕП і побудови графічних моделей [1 - 6]. Матриця кореспонденцій показує кількість поїздок між усіма пунктами відправлення та прибуття, що допомагає визначити ключові пасажироутворюючі вузли. Епюри пасажиропотоків – графіки, де по осі ординат відкладається потужність пасажиропотоку, а по осі абсцис – довжина маршруту. Вони візуалізують

завантаженість окремих ділянок. Картографи відображають ці епюри безпосередньо на плані міста. А коефіцієнти нерівномірності - це кількісна оцінка коливання пасажиропотоку в часі та просторі.

Комплексний аналіз цих даних є підставою для прийняття практичних рішень: вибору потрібного типу та місткості автобусів, коригування розкладу й інтервалів руху, введення укорочених або швидкісних рейсів, а також оптимізації маршрутної мережі загалом [1, 5, 6].

Вибір раціонального типу та марки рухомого складу є важливим етапом проектування організації перевезень, оскільки це рішення визначає баланс між економічною ефективністю транспортного підприємства та якістю послуг. У сучасній теорії управління пасажирським транспортом цей процес розглядають не просто як технічний підбір транспорту, а як пошук компромісу між різними інтересами учасників ринку перевезень [2 - 6]. Для пасажирів найкращим варіантом є велика кількість містких і комфортних автобусів, що мінімізує час очікування. Тоді як перевізнику вигідніше використовувати менше рухомого складу для зниження експлуатаційних витрат [2].

Основним критерієм при виборі моделі автобуса є відповідність його місткості потужності пасажиропотоку на маршруті [3, 4]. Цей показник визначає провізні можливості та впливає на час оборотного рейсу. Вибір здійснюють на основі аналізу пасажиропотоку на найбільш завантаженому напрямку та лімітуючій ділянці маршруту [4]. При цьому важливо враховувати два важливі чинники: очікуваний обсяг перевезень і допустиму частоту руху. Використання занадто великих автобусів при малому попиті призводить до великих інтервалів руху, що знижує якість обслуговування. Водночас малі автобуси можуть не впоратися з піковим навантаженням, що змушує збільшити кількість транспорту і перевантажує вулично-дорожню мережу [3 - 5].

Для міських перевезень, згідно з міжнародними стандартами та Правилами ЄЕК ООН №36, доцільно обирати транспортні засоби Класу I. Їх

конструкція передбачає стоячі місця для пасажирів і забезпечує вільне переміщення салоном [1]. Основні особливості таких автобусів – низька підлога, широкі проходи та накопичувальні майданчики біля дверей [5, 6]. Для швидкого пасажирообміну вони повинні мати щонайменше двоє дверей, а ширина подвійних дверей має становити не менше 120 см [1]. Висота першої сходинки не повинна перевищувати 36 см, що є важливою вимогою для обслуговування маломобільних груп населення [1].

Граничну пасажиромісткість для міського циклу розраховують за нормативними показниками площі. Розрахункова площа на одного стоячого пасажирів становить 0,125 кв. м, але для забезпечення комфорту варто орієнтуватися на норму 5 пасажирів на 1 кв. м [1]. Також важливе внутрішнє планування салону: на маршрутах з інтенсивним пасажирообміном доцільно використовувати трирядне розміщення сидінь для забезпечення ширших проходів [3]. Це дозволяє дотримуватися нормативів наповнення салону, за якими коефіцієнт використання місткості в години «пік» не має перевищувати 0,7–0,8, а в середньому за добу – 0,3 [3].

Окрім геометричних параметрів, при виборі рухомого складу аналізують його техніко-експлуатаційні якості, зокрема динаміку та маневреність. Оскільки розгін і гальмування займають значну частину рейсу, тягові якості автобуса мають забезпечувати прискорення на рівні 0,8–1,0 м/с² [1, 3, 5]. Це дозволяє підтримувати високу технічну швидкість і дотримуватися графіка руху в умовах частих зупинок. Також враховують економічні показники, такі як витрата пального та відповідність екологічним стандартам, де перевагу мають дизельні двигуни або двигуни на скрапленому газі [5].

Методика обґрунтування вибору також враховує соціальні та фізіологічні фактори. Традиційний підхід, орієнтований лише на мінімізацію витрат, є недостатнім, адже він ігнорує фізіологічний стан пасажирів [2]. Науковий підхід вимагає мінімізації так званої «транспортної стомлюваності», що виникає через тисняву, шум та вібрацію [2]. Тому оптимальним вважається

варіант, який забезпечує найкращі умови для пасажирів в межах допустимих економічних показників перевізника, зокрема періоду окупності транспортного засобу [2].

Для підвищення ефективності транспортного підприємства за умов нерівномірного попиту доцільно використовувати парк змішаної комплектації. Це дозволяє маневрувати рухомим складом різної місткості: використовувати великі автобуси в години «пік» для забезпечення необхідної провізної здатності, а менші місткі – у міжпіковий період для збереження рентабельності [6]. Остаточне рішення ухвалюють за допомогою методу порівняння приведених витрат на один пасажиро-кілометр або графоаналітичного методу. При цьому обирають модель, яка забезпечує перевезення з мінімальними витратами при дотриманні стандартів якості та інтервалу руху, який у міських умовах не має перевищувати 20 хвилин [3, 4, 6].

Ефективна робота міського автобусного маршруту та якість обслуговування пасажирів безпосередньо залежать від правильного розрахунку техніко-експлуатаційних показників. В організації перевезень ТЕП розглядають як систему взаємопов'язаних величин, що дозволяють оцінити як потенційні можливості, так і фактичну ефективність використання транспортних засобів у реальних умовах [2, 4, 6]. За допомогою цих показників можна кількісно охарактеризувати використання технічних можливостей транспорту, визначити межі інтенсифікації перевезень та обґрунтувати економічну доцільність прийнятих рішень [2, 3, 6].

Систему показників класифікують за кількома ознаками. За способом отримання даних їх поділяють на первинні (встановлюються безпосереднім обліком) та розрахункові (обчислюються математично) [4, 6]. За функціональним призначенням виділяють об'ємні показники (кількість рейсів, довжина маршруту), експлуатаційні (часові та швидкісні параметри) і показники якості транспортного обслуговування [1]. Головним параметром

для організації ритмічної роботи є час оборотного рейсу. Він включає час руху в прямому та зворотному напрямках, час посадки й висадки пасажирів, можливі затримки в русі та час відстою на кінцевих пунктах для відпочинку водія і технічного огляду салону [1, 2, 5].

На основі витрат часу обчислюють швидкісні характеристики, які показують продуктивність транспорту та якість обслуговування. Під час проєктування чітко розрізняють три види швидкостей. Технічна швидкість враховує час руху та затримки через регулювання дорожнього руху, відображаючи динамічні якості автобуса [1, 2, 4, 5]. Експлуатаційна швидкість – це умовна швидкість за весь час роботи в наряді з урахуванням усіх простоїв на зупинках. Вона є базовою для визначення провізних можливостей парку [1-5]. Натомість швидкість сполучення враховує час руху та пасажирообмін на зупинках. Це ключовий показник для пасажирів, оскільки він визначає реальний час поїздки [1 - 5].

Важливим етапом проєктування є аналіз використання пробігу та місткості рухомого складу. Пробіг поділяють на продуктивний (з пасажиромісцями на маршруті) та непродуктивний (нульовий) [4, 6]. Ефективність перевезень оцінюють за коефіцієнтом використання пробігу, який для міських маршрутів має становити не менше 0,8 [4, 6].

Завантаженість салону визначають за допомогою коефіцієнтів наповнення (використання пасажиромісткості). Статичний коефіцієнт показує наповнення в конкретний момент або відношення кількості перевезених пасажирів до номінальної місткості. Проте для проєктування точнішим є динамічний коефіцієнт – відношення фактично виконаної транспортної роботи до максимально можливої [2 - 4, 6]. Низький динамічний коефіцієнт вказує на надлишкову місткість і зростання собівартості, а надто високий – на зниження якості обслуговування [6].

Також обчислюють коефіцієнт змінності пасажирів. Він демонструє рівень комерційного використання салону і показує, скільки разів

оновлюється склад пасажирів за один рейс [4, 6]. При визначенні місткості норматив для стоячих пасажирів зазвичай приймають на рівні 5 осіб/м², хоча в години «пік» допускається ущільнення до 8 осіб/м² [2].

Визначення планової кількості рухомого складу – це підсумковий етап розрахунків, від якого залежить баланс між якістю обслуговування та експлуатаційними витратами [4, 6]. Кількість автобусів прямо залежить від максимальної потужності пасажиропотоку і часу обороту та обернено – від місткості автобуса [5]. За існуючими методиками необхідну кількість автобусів розраховують на основі максимального пасажиропотоку в «годину пік» на найбільш завантаженій ділянці маршруту [1, 2, 6]. Отримані значення слід розраховувати диференційовано за годинами доби, щоб врахувати нерівномірність попиту, а також коригувати на коефіцієнт дефіциту [2].

Окрім розрахунку за пасажиропотоком, кількість транспортних засобів також визначають за їхньою продуктивністю та за інтервалом руху [4]. Розрахунок за інтервалом є пріоритетним, якщо потрібно забезпечити певний соціальний стандарт якості обслуговування [4, 5]. Інтервал руху для міського сполучення розраховують як відношення часу обороту до кількості автобусів. У години пік оптимальним вважається інтервал 2–3 хвилини, а максимально допустимий не має перевищувати 20 хвилин [1, 4]. При цьому важливо перевіряти, чи відповідає сумарна «надана пасажиромісткість» реальному попиту пасажирів [3]. Найбільш ефективним є комбінований аналіз. Якщо при великому потоці орієнтуватися лише на інтервал, знадобиться надмірна кількість транспорту. А орієнтація виключно на пасажиропотік може призвести до неприпустимо великих інтервалів очікування транспорту [4].

Отже, розрахунок ТЕП та визначення кількості автобусів – це ітераційний процес оптимізації. Він спрямований на мінімізацію витрат часу пасажирів на очікування й поїздки за одночасного зниження експлуатаційних витрат перевізника [1, 2, 4, 5]. Головними критеріями правильності

розрахунків є собівартість перевезень і дотримання нормативів коефіцієнта наповнення салону [3, 5].

Розробка розкладу руху – це ключовий етап проектування перевезень на міському автобусному маршруті. Він поєднує результати дослідження пасажиропотоків, обраний рухомий склад та розраховані ТЕП. Розклад руху є основним плановим документом, який регламентує роботу автобусів на лінії, координує діяльність підрозділів автотранспортного підприємства та визначає ефективність транспортних послуг загалом [1, 2, 5, 6]. Складання розкладу – це не просто технічний розподіл транспортних засобів по годинах доби. Це комплексне завдання, мета якого полягає в досягненні оптимального балансу між мінімальним часом очікування пасажирів на зупинках та раціональним використанням ресурсів перевізника [9, 6]. Головна функція розкладу зводиться до детального планування випуску автобусів та розподілу транспортної роботи відповідно до потреб населення, з обов'язковим дотриманням технологічних і трудових нормативів [2].

Існують різні методи складання розкладів руху. Їх вибір залежить від масштабу міста, складності маршрутної мережі та наявної інформації. Наприклад, графічний метод є дуже наочним, але підходить переважно для малих міст або маршрутів із невеликою кількістю транспорту. Натомість табличний метод є найпоширенішим у середніх і великих містах, оскільки дозволяє детально розписати роботу кожного автобуса [1]. Як доповнення на маршрутах із високою інтенсивністю застосовують трафаретний метод («похвилинна сітка»). Найсучаснішим є автоматизований метод, який за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення дозволяє швидко аналізувати велику кількість варіантів режимів праці [1]. Крім того, розклад можна розробляти для групи маршрутів («куща») або індивідуально для кожного маршруту. Індивідуальний підхід вважається простішим та надійнішим з точки зору оперативного управління [2].

Процес проектування розкладу виконується у чіткій послідовності. Перший етап – це нормування часу рейсу та швидкостей руху (конструктивної, технічної, експлуатаційної та швидкості сполучення) [9]. Точне визначення нормативів часу з урахуванням особливостей траси, періоду доби, дня тижня та погодних умов необхідне для забезпечення регулярності перевезень [1, 9]. На основі цих даних та аналізу нерівномірності пасажиропотоку розраховується потреба в транспортних засобах. Для цього будують діаграму або епюру розподілу автобусів за годинами доби, на якій позначають дві ключові межі. Лінія «максимум» залежить від реального обсягу пасажиропотоку. Лінія «мінімум» визначається допустимим інтервалом руху в міжпікові періоди (до 20 хвилин для міських перевезень), щоб уникнути надмірного очікування пасажирів на зупинках [5, 6, 9].

Для розробки розкладу ефективно використовувати графоаналітичний метод. Він дозволяє оптимізувати роботу автобусів, комбінуючи різні режими праці для покриття епюри пасажиропотоків [6, 9]. За цим методом розраховують і округлюють інтервали руху, а потім будують стрічковий графік у координатах «шлях – час». Це візуалізує рух кожного випуску та запобігає часовим накладкам [2]. Важливо також графічно вирівняти навантаження між випусками та перерозподілити автомобіле-години. Це необхідно для збереження рівномірності інтервалів, особливо під час переходу між піковими та міжпіковими періодами [1, 6]. Крім того, слід чітко спланувати час виїзду з парку та повернення до нього з урахуванням нульових рейсів. Рух має починатися з обох кінцевих пунктів, щоб забезпечити ритмічність зустрічних потоків [1, 5].

Під час складання розкладу обов'язково враховують психофізіологію водія та вимоги трудового законодавства. Розклад – це не просто технічний графік, а план роботи, що має відповідати людським можливостям і гарантувати безпеку руху [5, 9]. Щоб запобігти перевтомі, робочий час водія на міських маршрутах зазвичай обмежують 10 годинами. Графік також

обов'язково передбачає регламентовані обідні перерви та короткочасний відстій на кінцевих зупинках [5, 9]. Обідні перерви переважно планують у міжпіковий період, через 2–5 годин після початку зміни. При цьому тривалість міжзмінного відпочинку має бути не меншою за подвійну тривалість робочої зміни [1, 5]. Оптимізація режимів праці (одно-, дво-, тризмінних або перерваних графіків) мінімізує непродуктивні простої та дозволяє ефективно використовувати фонд робочого часу [2, 5, 6].

У результаті проєктування формується комплект документів: зведений маршрутний розклад для планування роботи парку, станційний розклад для диспетчерського контролю та індивідуальні робочі розклади для водіїв [6, 9]. Ефективність розкладу оцінюють за допомогою кількох показників. Головним із них є коефіцієнт ефективності побудови графіка – відношення необхідних автобусо-годин до фактично запланованих. Розрахунок вважають задовільним, якщо цей коефіцієнт перевищує 0,9. Це свідчить про щільне використання рухомого складу та відповідність графіка реальному попиту на перевезення [6, 9]. Отже, якісно складений розклад гарантує надійність транспортного обслуговування, ритмічність перевезень та економічну ефективність роботи маршруту [1, 2].

Ефективна робота міського автобусного маршруту, регулярність руху, безпека та економічність перевезень безпосередньо залежать від стану вулично-дорожньої мережі та організації дорожнього руху [3, 5, 11, 12]. Рациональна організація руху забезпечує високу швидкість сполучення як ключовий показник якості обслуговування. Тоді як її недоліки призводять до зниження швидкості, порушення графіків та зростання експлуатаційних витрат [3, 11]. Заходи з покращення дорожніх умов мають зменшити затримки рухомого складу на перегонах і перехрестях, підвищити експлуатаційну швидкість та забезпечити комфорт і безпеку пасажирів [3, 5].

Основна вимога під час проєктування – відповідність параметрів проїзної частини габаритам і динамічним характеристикам рухомого складу.

Ширина смуг має дозволяти безпечний роз'їзд без зниження швидкості, а пропускна здатність штучних споруд – відповідати повній масі автобусів [5]. Умови руху визначає рівень завантаження дороги, який для стабільної роботи маршрутного транспорту не має перевищувати 0,8. Перевищення цього показника призводить до нестійкого руху, виникнення заторів та критичного зниження середньої швидкості потоку до 10–12 км/год [11].

Дієвим методом підвищення швидкості сполучення та надійності роботи автобусів на завантажених магістралях є надання пріоритету громадському транспорту, зокрема через виділення спеціальних смуг [3, 5, 12]. Вони стабілізують транспортні потоки, збільшують пропускну здатність магістралей і мають вищу провізну спроможність порівняно зі смугами для індивідуального транспорту [3]. Найкращий результат дає фізичне відокремлення смуги від іншого транспорту. Впровадження такої смуги доцільно, якщо проїзна частина має не менше трьох смуг в одному напрямку, а інтенсивність руху автобусів перевищує 50 од./год [5, 12]. Також на вузьких вулицях ефективним є запровадження однобічного руху. Це підвищує швидкість на 20–30%, проте варто враховувати можливе збільшення відстані пішого підходу пасажирів до зупинок [3].

Під час організації перевезень значну увагу приділяють оптимізації керування транспортними потоками на перехрестях, бо це найскладніші ділянки маршруту з найбільшими затримками [3, 11]. Для підвищення пропускної здатності вузлів необхідно впроваджувати сучасні системи світлофорної сигналізації, розраховувати раціональну тривалість циклу та перерозподіляти зелений час на користь маршрутного транспорту [5, 11]. Для магістральних вулиць критично важливо застосовувати координоване регулювання типу «зелена хвиля», яке забезпечує беззупинний проїзд за відстані між перехрестями 600–800 метрів [3]. Також ефективними методами є каналізація руху та спеціалізація смуг перед перехрестями. Це дозволяє

розмежувати конфліктуючі напрямки та відокремити потік автобусів від поворотних потоків іншого транспорту [3, 11, 12].

На швидкість сполучення суттєво впливає розміщення та облаштування зупинкових пунктів. Рекомендована відстань між ними становить 400–600 м, оскільки густіше розташування призводить до не виправданих втрат часу [12]. Розміщувати зупинки ефективніше за перехрестям. Це робить процес посадки-висадки незалежним від сигналів світлофора та не блокує правий поворот для іншого транспорту, що збільшує пропускну здатність вузла [3, 5]. Технічно зупинки слід обладнувати «заїзними кишенями» або розташовувати не менше 50 м від перехрестя, а також встановлювати автопавільйони для захисту пасажирів від погодних умов [3, 5, 12].

Руху автобусів суттєво перешкоджає хаотичне паркування, яке зменшує ефективну ширину проїзної частини мінімум на 2,4 м та змушує водіїв виконувати небезпечні маневри перелаштування [11]. Для нормативного функціонування маршруту необхідно жорстко обмежити зупинку та стоянку автомобілів уздовж траси, особливо в години пік. Це дозволить вивільнити крайню праву смугу для громадського транспорту [11, 12].

Для забезпечення безпеки руху необхідно аналізувати конфліктні точки на складних розв'язках, враховувати вплив пішохідних потоків та застосовувати відповідні технічні засоби, такі як дорожні знаки та розмітка [11]. Зокрема, розмітка «посадкової площадки» забезпечує безперешкодний під'їзд автобуса до бордюру [3]. Перед відкриттям або зміною маршруту спеціальна комісія обстежує трасу на відповідність технічним умовам, і лише після виконання необхідних заходів маршрут допускається до експлуатації [5]. Загалом впровадження цих інженерно-технічних та організаційних рішень підвищує експлуатаційну швидкість, знижує аварійність і покращує регулярність руху автобусів [3, 5, 11, 12].

Також сучасна організація пасажирських перевезень передбачає активне впровадження інтелектуальних транспортних систем (ІТС), які підвищують

ефективність управління рухом та перевезеннями [13]. Завдяки технологіям online-диспетчерування та GPS-моніторингу диспетчери можуть у реальному часі відстежувати координати, напрямок і швидкість автобусів на маршруті [13]. Ці оперативні дані допомагають прогнозувати інтенсивність руху, вчасно перерозподіляти транспортні потоки та оперативно коригувати роботу водіїв на лінії [13]. Крім того, інтеграція таких систем через автоматизоване робоче місце (АРМ) диспетчера в єдину інформаційну мережу підприємства суттєво зменшує витрати часу на планування та автоматизує контроль за дотриманням графіка руху [13].

1.2 Розрахунок пасажиропотоку на маршруті

Аналіз пасажиропотоків становить фундаментальну основу для будь-яких рішень щодо проєктування та подальшої оптимізації роботи міських маршрутів. Без точного визначення інтенсивності руху пасажирів неможливо ефективно планувати використання рухомого складу, формувати розклади або оцінювати економічну доцільність роботи маршруту. Ключовим завданням на цьому етапі є кількісна оцінка навантаження на кожній ділянці маршруту, що дозволяє виявити максимальний пасажиропотік на маршруті.

Основним інструментом для цього є послідовний розрахунок величини пасажиропотоку на кожному перегоні. Цей показник визначається за наступною формулою:

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

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

$Q_{\text{в}i}, Q_{\text{з}i}$ – кількість пасажирів, які виконують посадку та висадку на i -ому зупинному пункті, пас./год.

Розрахунок пасажиропотоку на перегоні 1-2 становить:

$$F_{1-2} = 446 \text{ пас./год.}$$

Пасажиропотік на перегоні 2-3 має таке значення:

$$F_{2-3} = 446 + 98 - 10 = 534 \text{ пас./год.}$$

Розрахунки пасажиропотоків на інших перегонах маршруту наведено в табл. 1.1 та відображено на рис. 1.2.

Таблиця 1.1 – Пасажиропотік на маршруті

Напрямок руху 1-10				Напрямок руху 10-1			
Перегін	Довжина перегону, км	Пасажиропотік, пас./год	Транспортна робота, пас. км	Перегін	Довжина перегону, км	Пасажиропотік, пас./год	Транспортна робота, пас. км
1-2	0,93	446	414,8	10-9	1,03	224	230,7
2-3	1,05	534	560,7	9-8	0,91	292	265,7
3-4	1,06	582	616,9	8-7	1,12	327	366,2
4-5	1,12	614	687,7	7-6	0,91	353	321,2
5-6	0,89	610	542,9	6-5	0,89	367	326,6
6-7	0,91	590	536,9	5-4	1,12	357	399,8
7-8	1,12	543	608,2	4-3	1,06	337	357,2
8-9	0,91	472	429,5	3-2	1,05	303	318,2
9-10	1,03	375	386,3	2-1	0,93	228	212,0
Всього	9,02	4766	4783,8	Всього	9,02	2788	2797,79

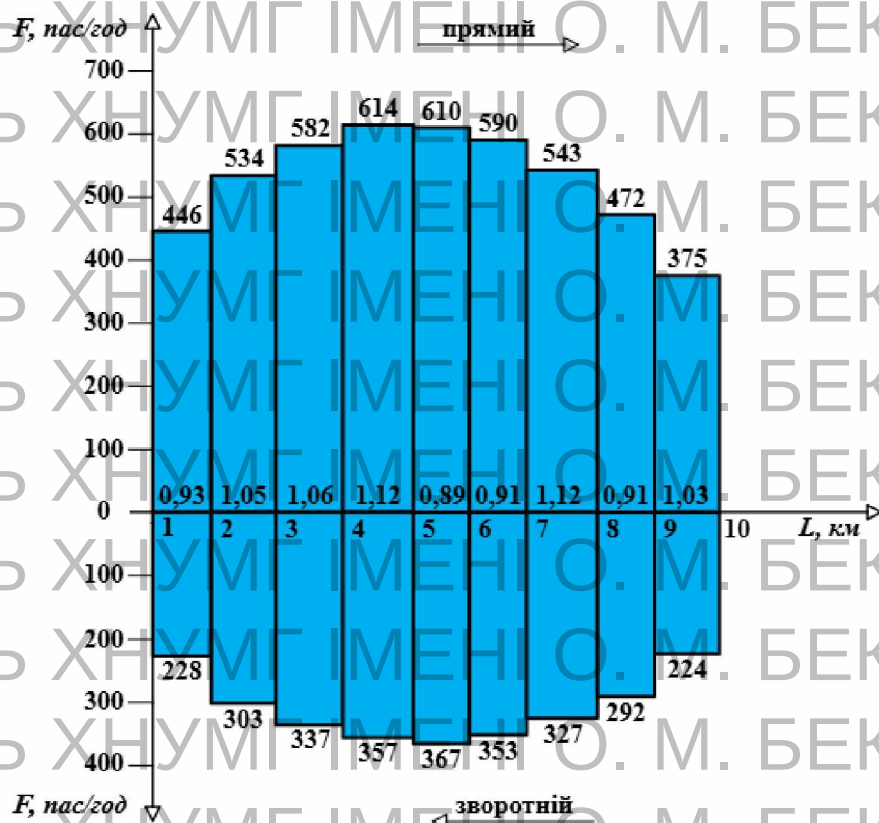


Рисунок 1.2 – Епюра пасажиропотоку на маршруті

На основі аналізу даних про пасажиропотоки на маршруті визначаємо значення максимального пасажиропотоку:

$$F_{\max} = \max\{446; 534; 582; 614; 610; 590; 543; 472; 375; \dots 228\} = 614 \text{ пас./год.}$$

Отже, максимальний пасажиропотік на маршруті становить 614 пас./год, при цьому найбільш навантаженим є перегін 4-5.

На основі даних про пасажирообмін на зупинкових пунктах здійснюємо розрахунок загального обсягу перевезень на маршруті:

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

Обсяг перевезень у напрямку маршруту 1-10 становить:

$$Q = 446 + 98 + 63 + 65 + 44 + 32 + 16 + 14 + 9 = 787 \text{ пас.}$$

Обсяг перевезень у напрямку маршруту 10-1 дорівнює:

$$Q = 224 + 71 + 42 + 36 + 29 + 22 + 14 + 11 + 7 = 456 \text{ пас.}$$

Сумарний обсяг перевезень на маршруті:

$$Q = 787 + 456 = 1243 \text{ пас.}$$

Виконуємо обчислення для визначення транспортної роботи на перегонах маршруту:

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

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

Транспортна робота на перегоні 1-2 складає:

$$W_{1-2} = 0,93 \cdot 446 = 414,8 \text{ пас. км.}$$

Розрахунки величини транспортної роботи для інших перегонів наведено у табл. 1.1.

Транспортна робота на маршруті в напрямку 1-10 становить:

$$W = 414,8 + 560,7 + 616,9 + 687,7 + 542,9 + 536,9 + 608,2 + 429,5 + 386,3 = 4783,81 \text{ пас. км.}$$

Транспортна робота на маршруті в напрямку 10-1 має таке значення:

$$W = 230,7 + 265,7 + 366,2 + 321,2 + 326,6 + 399,8 + 357,2 + 318,2 + 212,0 = 2797,79 \text{ пас. км.}$$

Сумарна транспортна робота на маршруті дорівнює:

$$W = 4783,81 + 2797,79 = 7581,6 \text{ пас. км.}$$

Наявність даних про максимальний пасажиропотік на маршруті є основою для визначення оптимальної пасажиромісткості автобусів.

1.3 Вибір раціональної марки автобусів

Відповідно до попередніх розрахунків, максимальний пасажиропотік на досліджуваному маршруті дорівнює 614 пас./год. Цей ключовий параметр визначає вимоги до необхідної пасажиромісткості рухомого складу. З урахуванням рекомендацій щодо вибору раціональної місткості транспортних засобів [2], для обслуговування маршруту доцільно оцінити застосування автобусів середнього класу за пасажиромісткістю. Для обґрунтованого вибору запропоновано дві сучасні моделі, що відповідають заданим критеріям: ЗАЗ А10С3А та Temsa MD9 LE. Обидва автобуси представляють собою технічно досконалі рішення для міських перевезень, проте мають певні відмінності в характеристиках, що впливають на економіку їх експлуатації. Детальний порівняльний аналіз основних техніко-економічних показників цих транспортних засобів наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Характеристика запропонованих марок автобусів

Показник	ЗАЗ А10С3А	Temsa MD9 LE
Пасажиромісткість автобуса, пас.	60	65
Погодинна ставка водія, грн./год	120	120
Норма відрахувань на соціальне страхування, %	22	22
Витрати палива, л/100 км	18	22
Експлуатаційна швидкість, км/год	20	20
Вартість палива, грн./л	55,87	55,87
Норма відрахувань на мастильні матеріали, %	10,2	10,2
Норма відрахувань на ТО та ремонт, грн./1000 км	6597	6939
Кількість коліс без урахування запасного колеса, од.	6	6
Вартість однієї шини, грн.	4179	4179
Норма відрахувань на відновлення шин, %	3	3
Експлуатаційний пробіг шин, км	70000	70000
Кількість днів роботи на маршруті, дн.	365	365
Середній час роботи у наряді, год	8,1	8,1
Норма амортизаційних відрахувань на автобус, %	40	40
Балансова вартість автобуса, грн.	5 393 159	5 782 800
Погодинна ставка управлінського персоналу, грн./год.	142	142
Норма відрахувань на накладні витрати, %	20	20

Порівняльна оцінка альтернативних моделей транспортних засобів здійснюватиметься на основі критерію мінімальних експлуатаційних витрат:

$$Z_{\text{зод}} = 3П_{\text{в}} + B_{\text{н}} + B_{\text{м}} + B_{\text{ТОіР}} + B_{\text{ш}} + B_{\text{а}} + B_{\text{yn}} + B_{\text{н}}, \quad (1.4)$$

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

B_n – витрати на паливо, грн./год;

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

$B_{ТОР}$ – витрати на технічне обслуговування та ремонт, грн./год;

$B_{ш}$ – витрати на шини, грн./год;

B_a – амортизаційні відрахування, грн./год;

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

$B_{н}$ – накладні витрати, грн./год.

Виконуємо обчислення експлуатаційних витрат для автобусів моделі ЗАЗ А10С3А.

Витрати на заробітну плату водія визначаємо за допомогою такої формули:

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

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

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

$$ЗП_e = 120 \cdot \left(1 + \frac{22}{100}\right) = 146,40 \text{ грн.}$$

Витрати на паливо розраховуємо за наступною формулою:

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

де H_{100} – витрати палива у розрахунку на 100 км пробігу автобусу, л/100 км;

V_e – експлуатаційна швидкість автобусу, км/год;

B_{1z} – вартість палива, грн. /л.

$$B_n = \frac{18 \cdot 20 \cdot 55,87}{100} = 179,73 \text{ грн.}$$

Витрати на мастильні матеріали розраховуємо за такою формулою:

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

де C_m – норма відрахувань на мастильні матеріали, %.

$$B_m = \frac{201,13 \cdot 10,2}{100} = 20,52 \text{ грн.}$$

Витрати на технічне обслуговування та ремонт автобусу:

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

де H_{TOiP} – норма відрахувань на ТО та ремонт автобусів, грн./1000 км.

$$B_{TOiP} = \frac{6597 \cdot 20}{1000} = 131,94 \text{ грн.}$$

Витрати на шини обчислюємо наступним чином:

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

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

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

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

L_e – експлуатаційний пробіг шин, км;

D_p – календарні дні роботи на маршруті, дн.;

$T_{\text{ш}}$ – середній час роботи автобуса у наряді.

$$B_{\text{ш}} = \frac{6 \cdot 4179 \cdot 3 \cdot 70000}{100 \cdot 1000 \cdot 365 \cdot 8,1} = 17,81 \text{ грн.}$$

Формула для витрати на амортизацію наступна:

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

де H_a – норма амортизаційних відрахувань, %;

$Ц_б$ – балансова вартість автобуса, грн.

$$B_a = \frac{40 \cdot 5393159}{100 \cdot 365 \cdot 8,1} = 729,67 \text{ грн.}$$

Витрати на заробітну плату управлінського персоналу обчислюються таким чином:

$$B_{\text{зн}} = \Gamma_{\text{мс}} \cdot \left(1 + \frac{C_{\text{спр}}}{100} \right), \quad (1.11)$$

де $\Gamma_{\text{мс}}$ – погодинна тарифна ставка управлінського персоналу, грн./год.

$$B_{yn} = 142 \cdot (1 + 22/100) = 173,24 \text{ грн.}$$

Накладні витрати обчислюємо за наступною формулою:

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

де C_n – норма відрахувань на накладні витрати, % ($C_n = 20\%$).

$$B_n = \frac{(146,40 + 201,13 + 20,52 + 131,94 + 17,81 + 729,67 + 173,24) \cdot 20}{100} = 284,14 \text{ грн.}$$

Отже, загальні експлуатаційні витрати мають наступне значення:

$$\begin{aligned} Z_{год} &= 146,40 + 201,13 + 20,52 + 131,94 + 17,81 + 729,67 + 173,24 + 284,14 = \\ &= 1704,85 \text{ грн./год.} \end{aligned}$$

Аналогічно здійснюємо розрахунок експлуатаційних витрат для автобусів моделі Temsa MD9 LE (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Експлуатаційні витрати за марками автобусів

Стаття витрат	Марка автобуса	
	3A3 A10C3A	Temsa MD9 LE
1	2	3
Витрати на ЗП водія, грн./год	146,40	146,40
Витрати на паливо, грн./год	201,13	245,83
Витрати на мастильні матеріали, грн./год	20,52	25,07

Продовження табл. 1.3

1	2	3
Витрати на ТО та ремонт автобусів, грн./год	131,94	138,78
Витрати на відновлення шин, грн./год	17,81	17,81
Амортизаційні витрати, грн./год	729,67	782,38
Витрати на ЗП управлінського персоналу, грн./год	173,24	173,24
Накладні витрати, грн./год	284,14	305,90
Загальні експлуатаційні витрати, грн./год	1704,85	1835,42

На підставі проведеного порівняльного аналізу техніко-економічних характеристик було встановлено, що для експлуатації на даному маршруті найбільш доцільним є використання автобусів моделі ЗАЗ А10СЗА.

1.4 Розрахунок основних техніко-експлуатаційних показників

ТЕП виступають системою критеріїв, що дозволяють кількісно оцінити ефективність функціонування рухомого складу на маршруті, а також характеризують рівень транспортного обслуговування пасажирів. На основі цих показників приймаються ключові управлінські рішення щодо необхідної кількості одиниць рухомого складу. Це дає змогу оцінити економічну обґрунтованість використання транспортних засобів.

Час оборотного рейсу знаходиться за наступною 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.

$$t_{об} = \frac{2 \cdot 9,02}{20} = 0,902 \text{ год} = 54 \text{ хв.}$$

Необхідна кількість автобусів розраховується за такою формулою:

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

де q_n - номінальна місткість автобуса, пас.

$$A = \frac{614 \cdot 0,902}{60} = 10 \text{ од.}$$

Інтервал руху автобусів обчислюється за наступною формулою:

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

$$I_{ин} = \frac{54}{10} = 5,4 \text{ хв.}$$

Формула для середньої відстані поїздки пасажирів має такий вигляд:

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

Для напрямку 1-10 маршруту:

$$l_{cp} = \frac{4783,8}{787} = 6,08 \text{ км.}$$

Для напрямку 10-1 маршруту:

$$l_{cp} = \frac{2797,8}{456} = 6,14 \text{ км.}$$

Обчислюємо динамічний коефіцієнт використання пасажиромісткості:

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

Для напрямку 1-10 маршруту:

$$\gamma_d = \frac{0,902 \cdot 4783,8}{9,02 \cdot 60 \cdot 10} = 0,797.$$

Для напрямку 10-1 маршруту:

$$\gamma_d = \frac{0,902 \cdot 2797,8}{9,02 \cdot 60 \cdot 10} = 0,466.$$

Розраховуємо статичний коефіцієнт використання пасажиромісткості:

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

де n - кількість перегонів на маршруті, од.

Для напрямку 1-10 маршруту:

$$\gamma_c = \frac{0,902 \cdot 4766}{9 \cdot 10 \cdot 60} = 0,796.$$

Для напрямку 10-1 маршруту:

$$\gamma_c = \frac{0,902 \cdot 2788}{9 \cdot 10 \cdot 60} = 0,466.$$

Встановлюємо коефіцієнт змінюваності. Розрахунок проводимо за наступною формулою:

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

Для напрямку 1-10 маршруту коефіцієнт змінюваності дорівнює наступне значення:

$$\eta = \frac{9,02}{6,08} \cdot \frac{0,797}{0,796} = 1,49.$$

Для напрямку 10-1 маршруту коефіцієнт змінюваності дорівнює таке значення:

$$\eta = \frac{9,02}{6,14} \cdot \frac{0,466}{0,466} = 1,47.$$

Результати обчислень техніко-експлуатаційних показників зводимо до табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Техніко-експлуатаційні показники

№ п/п	Показники	Напрямок руху	
		Прямий (1-10)	Зворотний (10-1)
1	Обсяг перевезень на маршруті, пас.	1243	
		787	456
2	Довжина маршруту, км	9,02	
3	Експлуатаційна швидкість, км/год	20	
4	Час оборотного рейсу, хв.	54	
5	Пасажиromісткість автобуса, пас.	60	
6	Марка обраного автобуса	ЗАЗ А10С3А	
7	Максимальний пасажиропотік на маршруті, пас./год	614	
8	Необхідна кількість автобусів, од.	10	
9	Плановий інтервал руху автобусів, хв.	5,4	
10	Обсяг транспортної роботи, пас. км	7581,6	
		4783,81	2797,79
11	Середня відстань поїздки пасажирів, км	6,08	6,14
12	Динамічний коефіцієнт використання пасажиромісткості автобуса	0,797	0,466
13	Статичний коефіцієнт використання пасажиромісткості автобуса	0,796	0,466
14	Коефіцієнт змінюваності пасажирів	1,49	1,47

1.5 Прогнозування обсягу перевезень на маршруті

Для планування довгострокової та стабільної роботи маршруту необхідно прогнозувати майбутній пасажиропотік. Прогнозування обсягу перевезень на 2026 рік здійснюємо на основі статистичного аналізу даних про зміну обсягів перевезень за місяцями 2023–2025 років. Для обробки даних використовуємо функцію програми Microsoft Excel «Лист прогнозу». Результати статистичного аналізу представлені в табл. 1.5 та відображені на рис. 1.3.

Таблиця 1.5 – Прогнозований обсяг перевезень на маршруті

Місяці року	Обсяг перевезень, пас.			
	2023	2024	2025	Прогноз 2026 р.
Січень	254073	274207	297259	273543
Лютий	269598	263524	242999	261945
Березень	241998	262882	270081	261138
Квітень	268120	253163	268551	252581
Травень	268120	264240	250346	263519
Червень	261712	282452	295333	273252
Липень	227705	218214	216459	223666
Серпень	225733	234068	252324	231116
Вересень	264670	290178	273745	278509
Жовтень	264670	243584	242857	254939
Листопад	252841	269056	260083	262114
Грудень	270091	255841	261810	271260
Сума	3069331	3111409	3131847	3107581

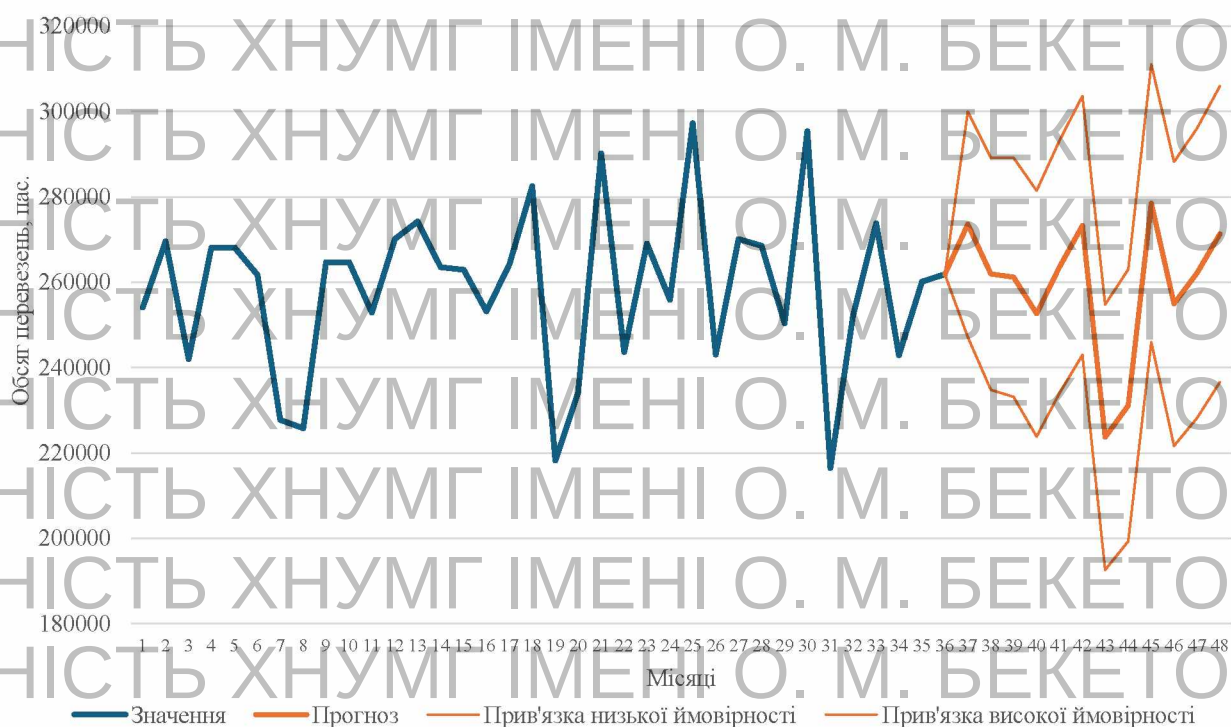


Рисунок 1.3 – Графік зміни обсягів перевезень на маршруті

Згідно з отриманими результатами прогнозування, у 2026 році зменшення обсягів перевезень становить 24 266 пасажирів у абсолютному вираженні. У відносних величинах це відповідає спаду на 0,77% порівняно з рівнем 2025 року. Ця тенденція може бути зумовлена дією різних факторів. Таких як загальноекономічна ситуація, зміни в демографічній структурі районів обслуговування, конкуренція з боку інших видів транспорту. І це має бути враховано при стратегічному плануванні роботи транспорту.

1.6 Висновки за розділом

1. Під час проведення аналізу методів організації перевезень на міських автобусних маршрутів було виявлено, що до основних завдань, послідовне виконання яких складає структуру проектування організації перевезень, слід віднести:

- 1) проведення комплексного обстеження пасажиропотоків;
- 2) систематизація та обробка результатів обстежень пасажиропотоків;
- 3) обґрунтування вибору раціональної марки автобуса;
- 4) розрахунок основних техніко-експлуатаційних показників перевезень;
- 5) визначення необхідної планової кількості автобусів обраної марки;
- 6) розробка графіків та розкладів руху автобусів на маршруті;
- 7) розробка заходів щодо удосконалення організації дорожнього руху вздовж траси маршруту.

2. Аналіз провізної спроможності маршруту виявив максимальне навантаження в розмірі 614 пас./год, що стало визначальним фактором для вибору рухомого складу. В результаті порівняльного аналізу техніко-економічних характеристик різних моделей було обґрунтовано рішення щодо використання автобусів ЗАЗ А10С3А. Ця модель демонструє оптимальне поєднання пасажиромісткості, експлуатаційних витрат та маневреності в

умовах міського руху. Розрахунки показали, що для стабільного обслуговування пасажиропотоку необхідно залучити 10 одиниць даного рухомого складу. Така кількість автобусів дозволить підтримувати інтервал руху на рівні 5,4 хвилини, що забезпечує належну регулярність руху та мінімізує час очікування пасажирів на зупинках, підвищуючи таким чином якість транспортного обслуговування.

3. На основі аналізу статистичних даних щодо обсягів перевезень за місяцями 2023–2025 років було розроблено прогноз динаміки обсягу перевезень на 2026 рік. Згідно з прогнозом, у 2026 році очікується зменшення пасажиропотоку на 24 266 пасажирів, що у відносному вираженні становить 0,77% від рівня 2025 року. Ця тенденція може бути пов'язана із загальними демографічними процесами, зміною транспортної поведінки мешканців або розвитком альтернативних видів транспорту. Врахування даного прогнозу є важливим для оперативного управління маршрутом, дозволяючи своєчасно адаптувати робочий розклад та оптимізувати використання ресурсів для підтримки економічної ефективності перевезень у умовах зниження попиту.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА РОЗКЛАДУ РУХУ

2.1 Визначення необхідної кількості автобусів

Розробка раціонального розкладу руху автобусів є ключовим інструментом управління ефективністю маршруту. Його основною метою є забезпечення ефективної роботи маршруту, скорочення часу очікування пасажирів на зупинках, запобігання надмірного заповнення транспортних засобів та підвищення якості транспортного обслуговування пасажирів.

На початковому етапі визначаємо пасажиропотоки для різних часових періодів роботи маршруту:

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

де $F_{\text{тк}}$ - максимальний пасажиропотік на маршруті у годину «пік»;

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

Максимальний пасажиропотік на період часу з 6:00 по 7:00 дорівнює:

$$F_{6:00-7:00} = 614 \cdot 0,28 = 172 \text{ пас./год.}$$

Розрахунки зміни пасажиропотоку в інші години роботи маршруту представлені в табл. 2.1.

Кількість автобусів, необхідних для роботи на маршруті в певний часовий інтервал, розраховується таким чином:

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

Таблиця 2.1 – Кількість автобусів на маршруті та інтервали руху

Години роботи	Коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку	Максимальний пасажиропотік, пас./год	Необхідна кількість автобусів (розрахункова), од.	Необхідна кількість автобусів (скорегована), од.	Інтервали руху автобусів, хв.
6:00 - 7:00	0,28	172	3	3	18,0
7:00 - 8:00	0,87	535	9	9	6,0
8:00 - 9:00	1	614	10	10	5,4
9:00 - 10:00	0,92	565	9	9	6,0
10:00 - 11:00	0,61	375	6	6	9,0
11:00 - 12:00	0,46	283	5	5	10,8
12:00 - 13:00	0,42	258	4	4	13,5
13:00 - 14:00	0,37	228	4	4	13,5
14:00 - 15:00	0,44	271	5	5	10,8
15:00 - 16:00	0,71	436	7	7	7,7
16:00 - 17:00	0,92	565	9	9	6,0
17:00 - 18:00	0,89	547	9	9	6,0
18:00 - 19:00	0,67	412	7	7	7,7
19:00 - 20:00	0,44	271	5	5	10,8
20:00 - 21:00	0,31	191	3	3	18,0
21:00 - 22:00	0,29	179	3	3	18,0
22:00 - 23:00	0,21	129	2	3	18,0
23:00 - 00:00	0,16	99	2	3	18,0

У проміжок часу з 6:00 до 7:00 на маршруті має бути задіяна така кількість автобусів:

$$A_{6:00-7:00} = \frac{172 \cdot 0,902}{60 \cdot 1} = 3 \text{ од.}$$

Розрахунки необхідної кількості автобусів в інші години роботи маршруту подані в табл. 2.1.

Встановлюємо максимальну кількість автобусів:

$$A_{\max} = A_{\text{ник}} \cdot K_{\text{д}}, \quad (2.3)$$

де $A_{\text{ник}}$ - максимальна (розрахункова) кількість автобусів;

$K_{\text{д}}$ - коефіцієнт дефіциту автобусів.

$$A_{\max} = 10 \cdot 1 = 10 \text{ од.}$$

Встановлюємо мінімальну кількість автобусів таким чином:

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

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

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

З урахуванням установлених обмежень щодо максимальної та мінімальної кількості автобусів здійснюємо коригування їхньої розрахованої кількості (табл. 2.1).

Діаграми зміни пасажиропотоку та необхідної кількості автобусів за годинами доби наведено на рис. 2.1 та 2.2.

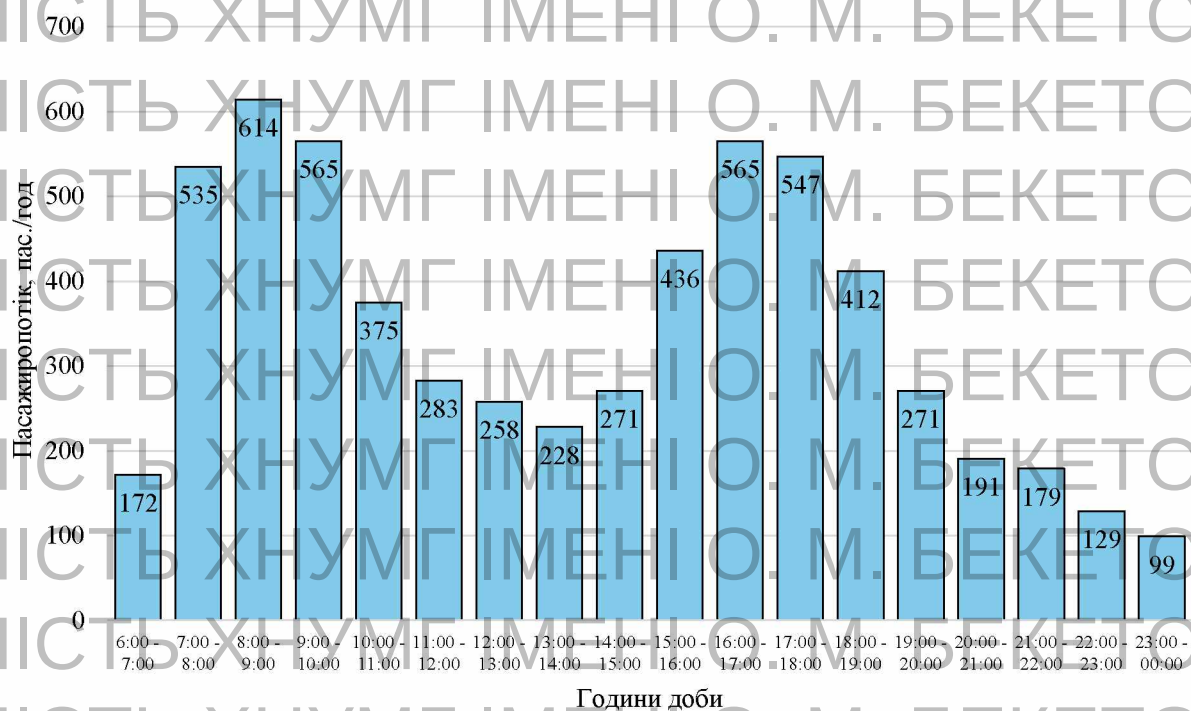


Рисунок 2.1 - Діаграма погодинної зміни пасажиропотоку

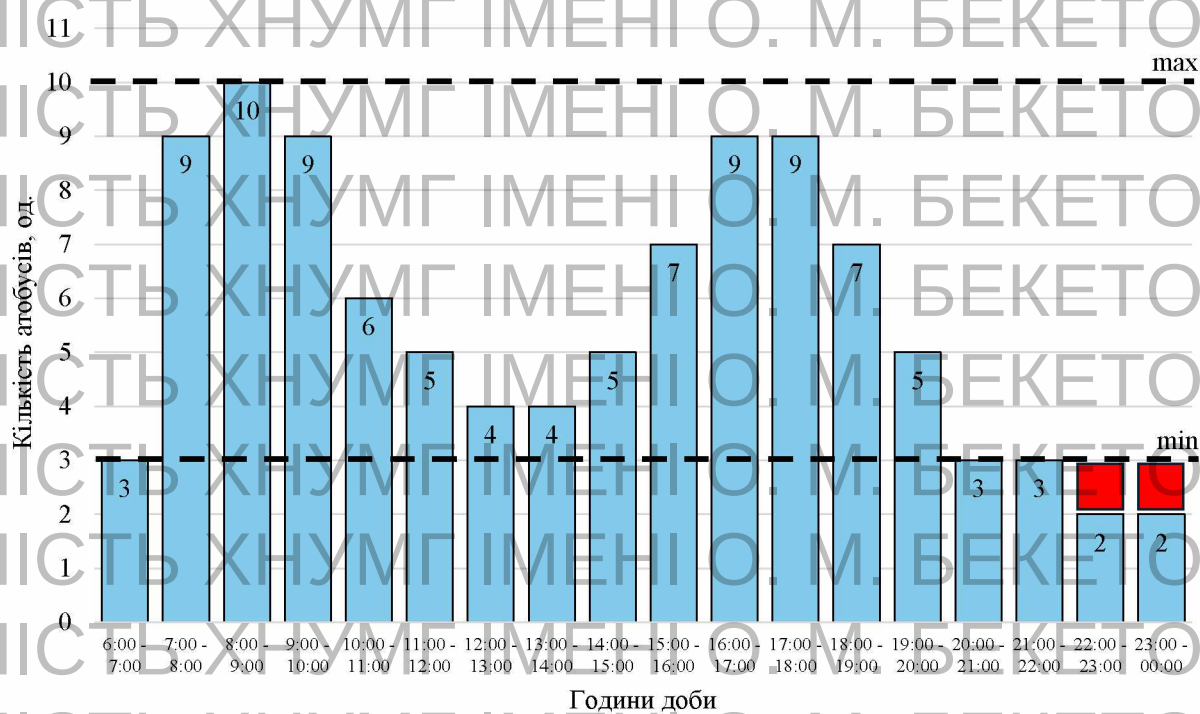


Рисунок 2.2 - Діаграма погодинної зміни кількості автобусів:

■ - додані до A_{min} автобусо-години.

2.2 Розробка графіків роботи водіїв та автобусів

Розробка розкладу руху здійснюється за допомогою графоаналітичного методу [2, 9]. На початковому етапі формується графік роботи водіїв та автобусів. Відповідно до графіку (рис. 2.3), 4 випуски функціонуватимуть у двозмінному режимі, а 6 випусків – у режимі з перервами.

Виконуємо оцінку коефіцієнта ефективності побудованого графіка:

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

де AG_{nom} – необхідні автомобіле-години;

AG_{nob} – побудовані автомобіле-години.

Коефіцієнт ефективності має таке значення:

$$K_{ef} = \frac{104}{111} = 0,937.$$

Встановлене значення коефіцієнту ефективності графіку відповідає умовам $0,9 \leq K_{ef} \leq 1,0$, підтверджуючі його доцільність.

2.3 Розробка розкладу руху на маршруті

На початковому етапі розробки маршрутного розкладу здійснюємо обчислення інтервалів руху автобусів у різні періоди часу роботи маршруту:

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

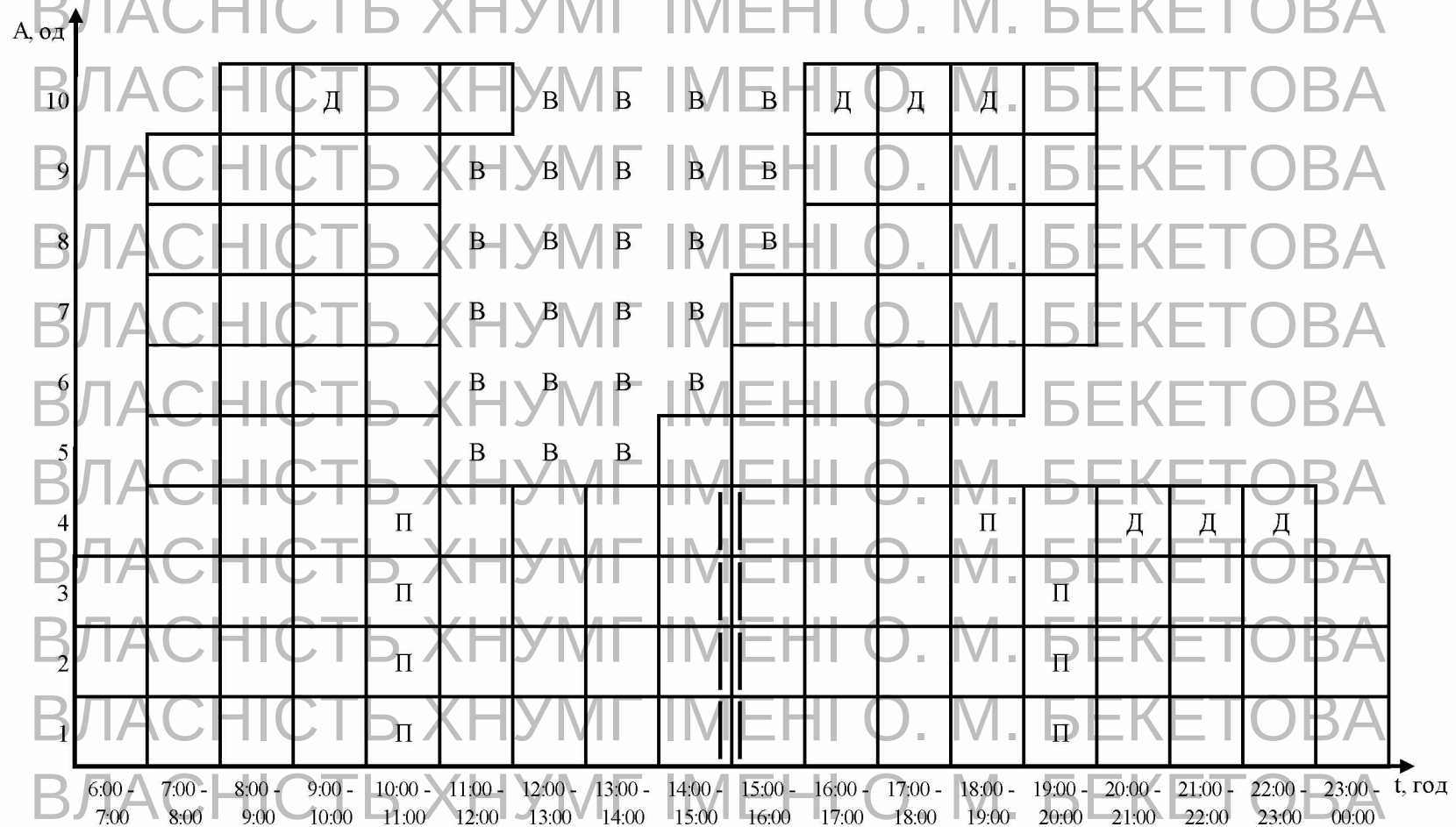


Рисунок 2.3 – Графік роботи водіїв та автобусів на маршруті:



– перерва;

– додаткова година;

В – відстій;

|| – перезмінка.

У період із 6:00 до 7:00 інтервал руху автобусів на маршруті становить:

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

Розрахунки інтервалів руху автобусів в інші часові проміжки представлені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Інтервали руху автобусів по годинам роботи

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 автобусів, од.	3	9	10	10	6	5	4	4	5
Інтервал руху, хв.	18,0	6,0	5,4	5,4	9,0	10,8	13,5	13,5	10,8
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 автобусів, од.	7	10	10	8	5	4	4	4	3
Інтервал руху, хв.	7,7	5,4	5,4	6,8	10,8	13,5	13,5	13,5	18,0

Спираючись на розраховані значення інтервалів руху, наступним кроком розробляємо стрічковий графік руху (рис. 2.4) та формуємо детальний маршрутний розклад (табл. 2.3).

Далі, використовуючи параметри затвердженого розкладу, визначаємо точний час виїзду рухомого складу з території АТП:

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

Таблиця 2.3 - Розклад руху випусків на маршруті

Випуск 1		Випуск 2		Випуск 3		Випуск 4		Випуск 5		Випуск 6		Випуск 7		Випуск 8		Випуск 9		Випуск 10	
КЗ1	КЗ2	КЗ1	КЗ2	КЗ1	КЗ2	КЗ1	КЗ2	КЗ1	КЗ2	КЗ1	КЗ2	КЗ1	КЗ2	КЗ1	КЗ2	КЗ1	КЗ2	КЗ1	КЗ2
06:00	06:27	06:18	06:45	06:36	07:03	07:36	08:03	06:54	07:21	07:12	07:39	07:06	07:33	07:18	07:45	07:30	07:57	07:53	08:20
07:00	07:27	07:12	07:39	07:24	07:51	08:36	09:03	07:48	08:15	08:09	08:36	08:04	08:31	08:20	08:47	08:31	08:58	08:47	09:14
07:58	08:25	08:15	08:42	08:25	08:52	09:30	09:57	08:42	09:09	09:03	09:30	08:58	09:25	09:14	09:41	09:25	09:52	09:45	10:12
08:52	09:19	09:09	09:36	09:19	09:46	10:24	П	09:36	10:03	10:03	10:30	09:54	10:21	10:12	10:39	10:21	10:48	11:13	11:40
09:46	П	10:03	П	10:13	П	11:02	11:29	10:30	В	10:57	В	10:48	В	11:06	В	11:15	В	12:07	В
10:30	10:57	10:40	11:07	10:51	11:18	12:04	12:31	14:06	14:33	15:07	15:34	15:00	15:27	15:54	16:21	15:59	16:26	16:31	16:58
11:24	11:51	11:37	12:04	11:51	12:18	12:58	13:25	15:30	15:57	16:15	16:42	16:04	16:31	16:48	17:15	16:53	17:20	17:25	17:52
12:18	12:45	12:31	12:58	12:45	13:12	13:52	14:19	16:26	16:53	17:09	17:36	16:58	17:25	17:42	18:09	17:48	18:15	18:22	18:49
13:12	13:39	13:25	13:52	13:39	14:06	14:49	15:16	17:20	17:47	18:16	18:43	17:55	18:22	18:36	19:03	18:46	19:13	19:19	19:46
14:16	14:43	14:27	14:54	14:38	15:05	15:43	С	18:14	К	19:10	К	18:57	19:24	19:30	К	19:40	К	20:13	К
15:10	С	15:21	С	15:32	С	15:46	16:13					19:51	К						
15:15	15:42	15:23	15:50	15:38	16:05	16:42	17:09												
16:10	16:37	16:21	16:48	16:37	17:04	17:36	18:03												
17:04	17:31	17:15	17:42	17:31	17:58	18:30	П												
18:02	18:29	18:09	18:36	18:29	18:56	19:08	19:35												
18:56	П	19:03	П	19:23	П	20:10	20:37												
19:30	19:57	19:43	20:10	19:57	20:24	21:04	21:31												
20:24	20:51	20:37	21:04	20:51	21:18	21:58	22:25												
21:18	21:45	21:31	21:58	21:45	22:12	22:52	23:19												
22:12	22:39	22:25	22:52	22:39	23:06	23:46	К												
23:06	23:33	23:24	23:51	23:42	00:09														
00:00	К	00:18	К	00:36	К														

де $t_{\text{вїдр}K31}$ - час початку першого оберту на маршруті;

t_0 - час нульового пробїгу.

Відповідно, час повернення кожного автобуса з лінії до АТП розраховуємо за такою формулою:

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

де $t_{\text{приб}K31}$ - час завершення останнього оберту на маршруті.

Визначення часових витрат на нульовий пробїг здійснюємо у такий спосіб:

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

де l_0 - відстань нульового пробїгу, км;

V_m - технічна швидкість автобуса, км/год.

$$t_0 = \frac{3,9 \cdot 60}{26} = 9 \text{ хв.}$$

Отже, час виїзду з парку та повернення назад для автобуса першого випуску складає:

$$t_{\text{виїзд}} = 6:00 - 00:09 = 5:51 \text{ год.}$$

$$t_{\text{заїзд}} = 00:00 + 00:09 = 00:09 \text{ год.}$$

Розраховані показники виїзду з АТП та повернення назад для автобусів інших випусків наведено у зведеній табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Параметри роботи випусків на маршруті

Номер випуску			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Час виїзду з АТП			05:51	06:09	06:27	07:27	06:45	07:03	06:57	07:09	07:21	07:44
Час повернення до АТП			00:09	00:27	00:45	23:55	18:23	19:19	20:00	19:39	19:49	20:22
Час перерви або відстою	І-зміна		00:43	00:37	00:37	00:37	03:36	04:10	04:12	04:48	04:44	04:24
	ІІ-зміна		00:33	00:40	00:33	00:37						
Час роботи на маршруті	І-зміна (до відстою)	до перерви	03:46	03:45	03:37	02:48	03:36	03:45	03:42	03:48	03:45	04:13
		після перерви	04:40	04:40	04:40	04:40						
	ІІ-зміна (після відстою)	до перерви	03:45	03:41	03:51	02:47	04:08	04:02	04:51	03:36	03:41	03:41
		після перерви	05:03	04:34	04:39	04:38						
Час в наряді автобусу			17:01	16:59	17:06	15:12	08:02	08:05	08:51	07:42	07:44	08:13
Кількість виконаних обертів, од.			18	18	18	16	8	8	9	8	8	8

Встановимо загальний час у наряді для кожного автобуса:

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

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

Для першого випуску час становить:

$$T_{n1} = 00:09 - 05:51 - (00:43 + 00:33) = 17:01 \text{ год.}$$

Показники часу в наряді для рухомого складу наведено в табл. 2.4.

Аналізуючи розклад руху, можна зробити висновок, що запропонований режим роботи рухомого складу та водіїв цілком задовольняє вимоги чинного трудового законодавства.

2.4 Висновки за розділом

1. На основі аналізу даних добової нерівномірності пасажиропотоку було визначено потребу в рухомому складі для різних часових періодів функціонування маршруту. Розрахунки виявили, що для стабільного та рентабельного обслуговування мінімальний випуск у години спаду пасажирської активності має становити 3 автобуси. А у пікові години на лінію необхідно випускати максимум 10 одиниць транспорту.

2. Було розроблено раціональний графік роботи для водіїв та самих автобусів. Згідно з графіком, 4 транспортні випуски працюватимуть у двозмінному режимі, а 6 випусків функціонуватимуть за перерваним графіком. Це є оптимальним рішенням для покриття нерівномірних пікових навантажень. Розрахований коефіцієнт ефективності побудови цього графіка становить 0,937, що свідчить про його організаційну та економічну доцільність.

3. Спираючись на затверджені режими праці рухомого складу, було побудовано наочний стрічковий графік руху та сформовано детальний маршрутний розклад. Перевірка та аналіз розкладу підтверджують його повну відповідність нормам чинного трудового законодавства, оскільки він гарантує водіям регламентовані періоди для відпочинку та харчування в межах робочих змін.

РОЗДІЛ 3

ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ МАРШРУТУ

3.1 Характеристики дорожнього руху на перехресті

Завданням на першому етапі є розробка детальної графічної схеми досліджуваного перехрестя. На ній фіксуємо фактичні показники інтенсивності переміщення як транспортних засобів, так і пішохідних потоків за всіма наявними напрямками (рис. 3.1).

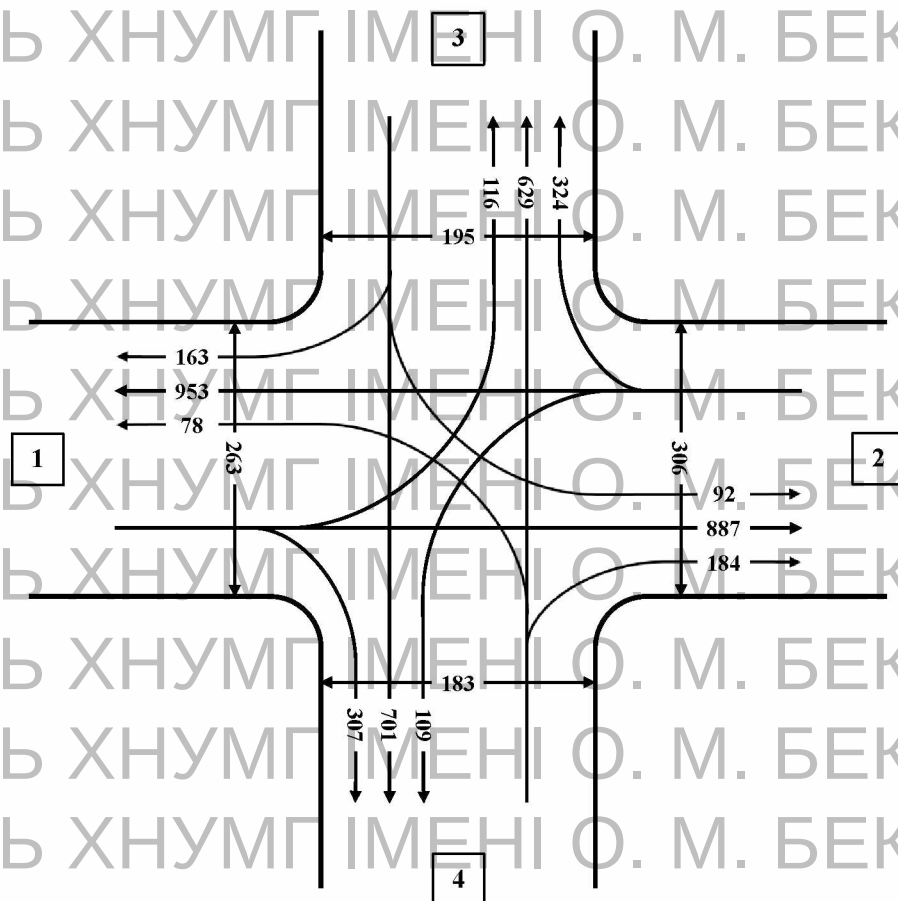


Рисунок 3.1 – Інтенсивність руху транспорту та пішоходів на перехресті

3.2 Облаштування перехрестя засобами організації дорожнього руху

Наступним кроком проводимо комплексне облаштування досліджуваного транспортного вузла відповідними технічними засобами організації дорожнього руху. План розташування цих інфраструктурних елементів детально відображено на розробленій схемі (рис. 3.2).

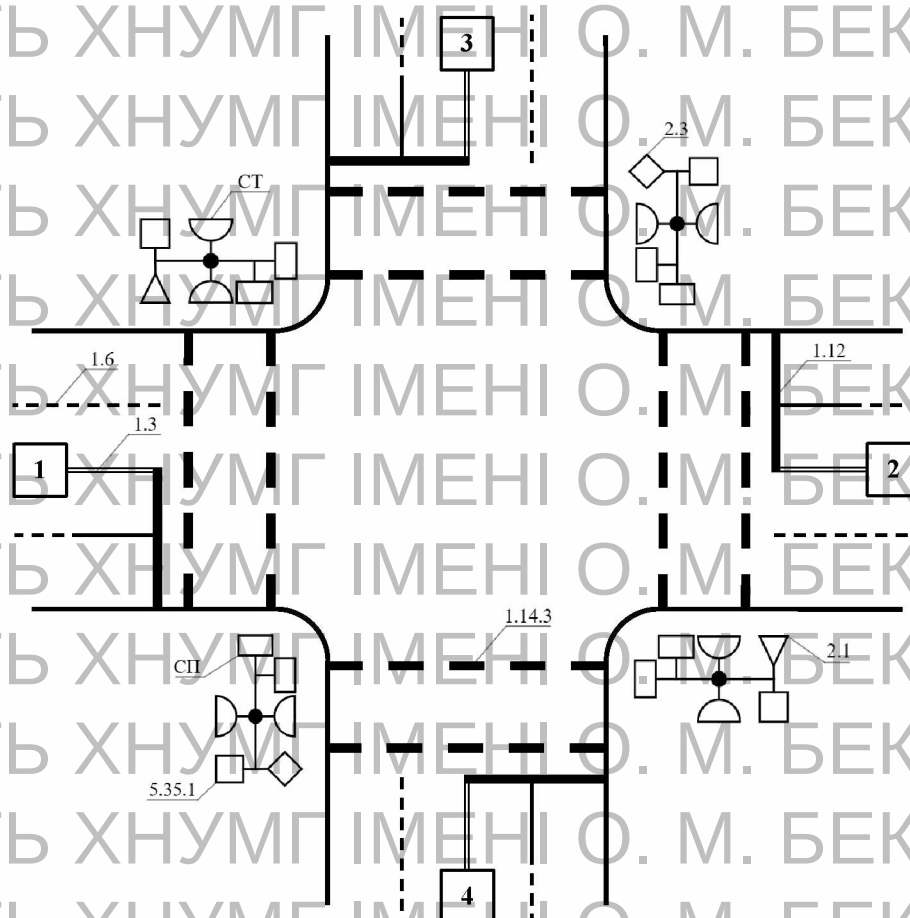


Рисунок 3.2 – Схема облаштування перехрестя засобами організації дорожнього руху

Згідно із схемою, для належного впорядкування транспортних і пішохідних потоків на даному вузлі передбачається встановлення світлофорної сигналізації, нанесення відповідної дорожньої розмітки, а також розміщення системи дорожніх знаків.

3.3 Проектування схеми пофазного роз'їзду на перехресті

Подальшим етапом робимо проектування схеми пофазного роз'їзду транспортних засобів на досліджуваному перехресті. Спираючись на відповідні нормативні вимоги [11, 12] та беручи до уваги результати аналізу. Оскільки інтенсивність лівоповоротних транспортних потоків не перевищує граничний показник у 120 авт./год, структуру циклу світлофорного регулювання було сформовано з двох фаз. Візуалізація запропонованих напрямків руху для кожної з фаз відображена на рис. 3.3 та 3.4.

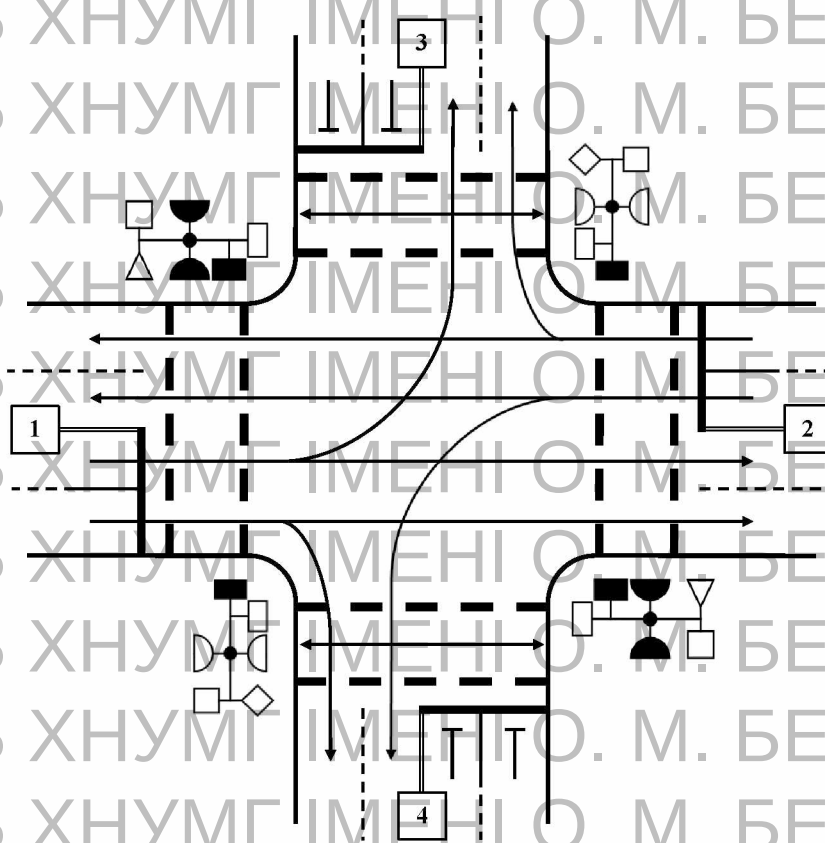


Рисунок 3.3 – Перша фаза регулювання на перехресті

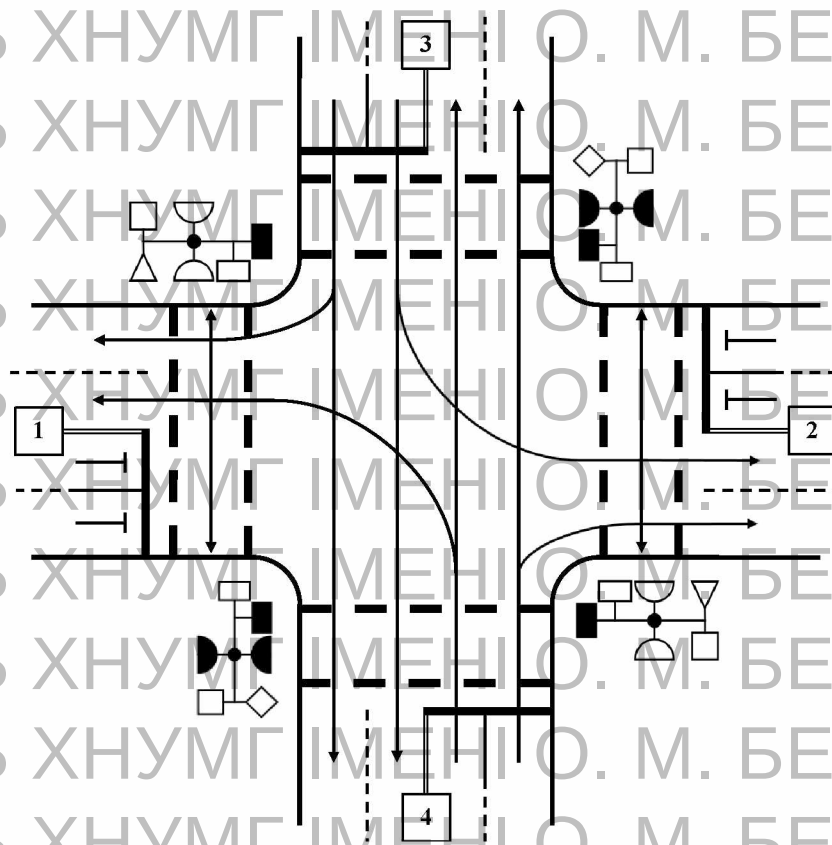


Рисунок 3.4 – Друга фаза регулювання на перехресті

Далі переходимо до безпосереднього обчислення параметрів циклу та режимів роботи світлофornoї сигналізації на досліджуваному перехресті.

3.4 Проектування режиму роботи світлофornoї сигналізації

Початковим кроком у процесі розрахунку режимів роботи світлофornoї сигналізації є визначення величин потоків насичення для кожного напрямку руху на перехресті:

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

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

K_R, K_i, K_c – коефіцієнти зменшення потоку насичення, які зумовлені впливом поведздовжнього ухилу, радіусу кривизни поворотних потоків і складом транспортного потоку.

Для виконання подальших обчислень приймаємо умову, що числові значення коефіцієнтів K_R та K_i становлять 1,0.

Величину коефіцієнта K_c розраховуємо за допомогою такої залежності:

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

де a, b, c – відсоток автомобілів у потоці, які здійснюють рух прямо, ліворуч та праворуч, %.

$$M_{H1(1-2,1-3,1-4)} = 525 \cdot 6,2 \cdot (100 / (67,7 + 1,75 \cdot 8,9 + 1,25 \cdot 23,4)) = 2894 \text{ авт./год},$$

$$M_{H1(2-1,2-3,2-4)} = 525 \cdot 6,2 \cdot (100 / (68,8 + 1,75 \cdot 7,9 + 1,25 \cdot 23,4)) = 2913 \text{ авт./год},$$

$$M_{H2(3-1,3-2,3-4)} = 525 \cdot 6,2 \cdot (100 / (73,3 + 1,75 \cdot 9,6 + 1,25 \cdot 17,1)) = 2920 \text{ авт./год},$$

$$M_{H2(4-1,4-2,4-3)} = 525 \cdot 6,2 \cdot (100 / (70,6 + 1,75 \cdot 8,8 + 1,25 \cdot 20,7)) = 2914 \text{ авт./год}.$$

Наступним кроком обчислюємо величини фазових коефіцієнтів окремо для кожного з підходів до досліджуваного перехрестя:

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

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

$$Y_{1(1-2, 1-3, 1-4)} = 1310 / 2894 = 0,453,$$

$$Y_{1(2-1, 2-3, 2-4)} = 1386 / 2913 = 0,476,$$

$$Y_{2(3-1, 3-2, 3-4)} = 956 / 2920 = 0,327,$$

$$Y_{2(4-1, 4-2, 4-3)} = 891 / 2914 = 0,306.$$

За розрахункові фазові коефіцієнти приймаємо їх максимальні значення для кожної з фаз регулювання. Для першої фази цей показник становить 0,476, а для другої – 0,327.

Усі отримані в ході обчислень результати зводимо до підсумкової таблиці (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Потоки насичення та фазові коефіцієнти для кожної фази

Фаза регулювання	1		2	
	1	2	3	4
Підхід до перехрестя	1	2	3	4
Інтенсивність транспортного потоку, авт./год	1310	1386	956	891
Потік насичення, авт./год	2894	2913	2920	2914
Фазовий коефіцієнт	0,453	0,476	0,327	0,306
Розрахунковий фазовий коефіцієнт	0,476		0,327	

Наступним кроком обчислюємо необхідну тривалість проміжного такту світлофорного регулювання:

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

де V_a — середня швидкість автомобілів на перехресті, км/год;

a_t — середнє сповільнення автомобілів під час гальмування, м/с²
(приймаємо $a_t = 4$ м/с²);

l_j — відстань між стоп-лінією і найбільш віддаленою конфліктною точкою перетинання транспортних потоків під час зміни фаз регулювання, м;

l_a — середня довжина автомобілів, м.

Тривалість проміжного такту як для першої, так і для другої фази світлофорного регулювання становить:

$$t_n = \frac{44}{7,2 \cdot 4} + \frac{3,6 \cdot (14,4 + 5,7)}{44} = 4 \text{ с.}$$

Наступним етапом здійснюємо розрахунок тривалості циклу світлофорного регулювання:

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

де T_n — сума значень проміжних тактів, с;

Y — сума розрахункових фазових коефіцієнтів.

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

де k — кількість фаз регулювання.

$$T_n = 4 + 4 = 8 \text{ с.}$$

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

$$Y = 0,476 + 0,327 = 0,803,$$

$$T_y = \frac{1,5 \cdot 8 + 5}{1 - 0,803} = 87 \text{ с.}$$

Далі виконуємо розрахунок часу, необхідного для безпечного перетину проїзної частини пішоходами:

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

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

$$t_{\text{пш}(1,2)} = \frac{12,4}{1,3} + 5 = 15 \text{ с,}$$

$$t_{\text{пш}(3,4)} = \frac{12,4}{1,3} + 5 = 15 \text{ с.}$$

Обчислюємо необхідну тривалість основних тактів світлофорного циклу:

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

$$t_{o1} = \frac{(87 - 8) \cdot 0,476}{0,803} = 47 \text{ с},$$

$$t_{o2} = \frac{(87 - 8) \cdot 0,327}{0,803} = 32 \text{ с}.$$

Проводимо обчислення показника середньої затримки транспортних засобів на даному перехресті:

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

де K – кількість фаз регулювання, од.;

$t_{\Delta Pj}$ – середня затримка транспорту, який рухається через перехрестя в j -ому напрямку, с.

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

де λ – відношення часу основного такту до часу світлофорного циклу.

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

$$\lambda_1 = 47 / 87 = 0,540; \lambda_2 = 32 / 87 = 0,368.$$

Здійснюємо визначення ступеня насичення транспортним потоком для кожного з напрямків руху:

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

$$X_{1(1-2, 1-3, 1-4)} = \frac{1310 \cdot 87}{2894 \cdot 47} = 0,838,$$

$$X_{1(2-1, 2-3, 2-4)} = \frac{1386 \cdot 87}{2913 \cdot 47} = 0,881,$$

$$X_{2(3-1, 3-2, 3-4)} = \frac{956 \cdot 87}{2920 \cdot 32} = 0,890,$$

$$X_{2(4-1, 4-2, 4-3)} = \frac{891 \cdot 87}{2914 \cdot 32} = 0,831.$$

Обчислюємо величину середньої затримки транспортних засобів для напрямків руху 1-2, 1-3 та 1-4 для першої фази світлофорного регулювання:

$$t_{\Delta Pj(1-2, 1-3, 1-4)} = 0,9 \cdot \left[\frac{87 \cdot (1 - 0,540)^2}{2 \cdot (1 - 0,540 \cdot 0,838)} + \frac{0,838^2}{2 \cdot 1310 \cdot (1 - 0,838)} \right] = 15,12 \text{ с.}$$

Результати обчислень величин затримок транспортних засобів для решти напрямків руху представлено у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Характеристики роботи запропонованого циклу світлофорного регулювання

Номер фази світлофорного регулювання	1		2	
Номер підходу до перехрестя	1	2	3	4
Час основного такту, с	47		32	
Час проміжного такту, с	4		4	
Час циклу світлофорного регулювання, с	87			
Потік насичення, авт./год	2894	2913	2920	2914
Інтенсивність руху транспорту, авт./год	1310	1386	956	891
Відношення часу дозволяючого сигналу світлофору до часу циклу регулювання	0,540	0,540	0,368	0,368
Ступінь насичення транспортним потоком	0,838	0,881	0,890	0,831
Час затримки транспорту, с.	15,12	15,79	23,27	22,54
Середня затримка транспорту по перехрестю, с	18,49			

Величина середньої затримки транспортних засобів на даному перехресті, за умови впровадження запропонованих параметрів роботи світлофорної сигналізації, становитиме:

$$\overline{t_{\Delta P}^{**}} = \frac{15,12 \cdot 1310 + 15,79 \cdot 1386 + 23,27 \cdot 956 + 22,54 \cdot 891}{1310 + 1386 + 956 + 891} = 18,49 \text{ с.}$$

Для порівняння здійснюємо аналогічні обчислення, використовуючи параметри існуючого режиму роботи світлофорної сигналізації на перехресті.

Отримані результати цих розрахунків зведено у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Характеристики роботи існуючого циклу світлофорного регулювання

Номер фази світлофорного регулювання	1		2	
Номер підходу до перехрестя	1	2	3	4
Час основного такту, с	48		36	
Час проміжного такту, с	4		4	
Час циклу світлофорного регулювання, с	92			
Потік насичення, авт./год	2894	2913	2920	2914
Інтенсивність руху транспорту, авт./год	1310	1386	956	891
Відношення часу дозволяючого сигналу світлофору до часу циклу регулювання	0,522	0,522	0,391	0,391
Ступінь насичення транспортним потоком	0,868	0,912	0,837	0,781
Час затримки транспорту, с.	17,30	18,07	22,81	22,10
Середня затримка транспорту по перехрестю, с	19,63			

На завершальному етапі обчислюємо зміну показника середньої затримки транспортних засобів на досліджуваному перехресті. За умови впровадження запропонованих параметрів роботи світлофорного регулювання:

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

$$\Delta \bar{t} = 19,63 - 18,49 = 1,14 \text{ с.}$$

Отже, спираючись на результати порівняльного аналізу існуючого та запропонованого циклів світлофорного регулювання, можна стверджувати про обґрунтованість запропонованих змін. Реалізація оптимізованого варіанту роботи світлофорної сигналізації забезпечить скорочення середнього часу

затримки транспортних засобів на 1,14 с. Такий показник свідчить про практичну доцільність впровадження даного проектного рішення на досліджуваному перехресті.

3.5 Висновки за розділом

1. Було спроектовано комплексну схему розташування технічних засобів організації та регулювання дорожнього руху для досліджуваного перехрестя.

Згідно зі схемою, для впорядкування транспортних потоків запропоновано обладнання вузла світлофорними об'єктами, нанесення відповідної горизонтальної розмітки та встановлення системи дорожніх знаків.

2. На основі аналізу інтенсивності руху було розроблено раціональну схему пофазного роз'їзду транспорту. Враховуючи отримані дані, запропоновано оптимальний цикл світлофорного регулювання, який складається з двох фаз.

3. Обґрунтовано необхідність зміни параметрів роботи світлофорної сигналізації на даному перехресті. Результати порівняльного аналізу існуючих та запропонованих параметрів регулювання підтвердили, що впровадження оптимізованого циклу забезпечить зменшення середнього часу затримки транспортних засобів на 1,14 секунди. Такий показник ефективності доводить практичну цінність та доцільність реалізації запропонованих організаційних заходів.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломної роботи було успішно досягнуто поставлену мету — розроблено проєкт організації перевезень на міському автобусному маршруті із розрахунковим добовим обсягом у 8120 пасажирів. Процес проєктування базувався на комплексному аналізі параметрів пасажиропотоків, розрахунку техніко-експлуатаційних показників та врахуванні фактичних умов дорожнього руху на трасі маршруту. За підсумками проведених досліджень сформульовано такі основні висновки:

1. Визначено чіткий алгоритм проєктування організації перевезень, базовими етапами якого є:

- 1) проведення комплексного обстеження пасажиропотоків;
- 2) систематизація та обробка результатів обстежень пасажиропотоків;
- 3) обґрунтування вибору раціональної марки автобуса;
- 4) розрахунок основних техніко-експлуатаційних показників перевезень;
- 5) визначення необхідної планової кількості автобусів обраної марки;
- 6) розробка графіків та розкладів руху автобусів на маршруті;
- 7) розробка заходів щодо удосконалення організації дорожнього руху вздовж траси маршруту.

2. Встановлено, що максимальне навантаження на маршруті сягає 614 пасажирів за годину. На основі цього показника та порівняльного техніко-економічного аналізу обґрунтовано доцільність використання автобусів моделі ЗАЗ А10С3А. Для забезпечення стабільного транспортного обслуговування з комфортним інтервалом руху у 5,4 хвилини потрібна експлуатація 10 одиниць даного рухомого складу.

3. На базі ретроспективного аналізу даних за 2023–2025 роки здійснено прогнозування пасажиропотоку на 2026 рік. Виявлено тенденцію до

незначного зниження попиту на 0,77% (24 266 пасажирів). Це вимагатиме від перевізника гнучкості в управлінні ресурсами для збереження економічної ефективності.

4. Дослідження добової нерівномірності пасажиропотоку дозволило оптимізувати випуск транспорту на лінію. Від мінімальних 3 автобусів у періоди спаду активності до максимальних 10 одиниць у години "пік".

5. Сформовано раціональні графіки роботи транспортних засобів та екіпажів. 4 випуски переведені на двозмінний режим, а 6 – на перерваний графік для ефективного покриття пікових навантажень. Розрахунковий коефіцієнт ефективності побудови графіка склав 0,937, що підтверджує його економічну доцільність.

6. Розроблено комплексний маршрутний та наочний стрічковий графіки руху, які повністю відповідають нормам чинного трудового законодавства та гарантують водіям належні періоди відпочинку.

7. Спроектовано оновлену схему організації дорожнього руху на складному перехресті маршруту, що передбачає встановлення світлофорних об'єктів, дорожніх знаків та нанесення відповідної розмітки.

8. Враховуючи інтенсивність транспортних потоків, розроблено раціональну схему пофазного роз'їзду, яка базується на застосуванні двофазного циклу світлофорного регулювання.

9. Обґрунтовано оптимізовані параметри роботи світлофорної сигналізації. Порівняльний аналіз довів, що впровадження оновленого циклу дозволить скоротити середній час затримки транспорту на 1,14 секунди, що підтверджує практичну цінність запропонованих заходів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. 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.
2. Вакуленко К. Є., Доля К. В. Управління міським пасажирським транспортом: навч. посібник. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. 257 с.
3. Лежнева О. І. Організація перевезень пасажирів у містах: Навчальний посібник. Харків: Точка, 2010. 311 с.
4. Кашканов В.А., Кашканов А.А., Варчук В. В. Організація автомобільних перевезень: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2017. 139 с.
5. Босняк М. Г. Пасажирські автомобільні перевезення: Навчальний посібник. К.: Видавничий Дім «Слово», 2009. 272 с.
6. Луб'яний П.В., Войтович О.А. Організація пасажирських перевезень: навчальний посібник. Херсон: Книжкове вид-во ФОП Вишемирський В.С., 2024. 188 с.
7. Загорянський В. Г., Мороз М. М., Гайкова Т. В. Якість та контроль транспортного процесу (вантажні та пасажирські автомобільні перевезення). Навчальний посібник. Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2023. 138 с.
8. Понкратов Д. П., Фалецька Г. І. Вибір пасажиром шляху пересування у містах: монографія. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. 164 с.
9. Давідіч Ю. О. Розробка розкладу руху транспортних засобів при організації пасажирських перевезень: навч. посіб. Харків: ХНАМГ, 2010. 345 с.
10. Понкратов Д. Н., Доля В. К. Закономірності формування пасажиропотоків у маршрутній системі міста. Фактор людини у розвитку транспортних систем: монографія. Харків: Лідер, 2017. С. 134–141.

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.
13. Кашканов В. А., Кашканов А. А., Кужель В. П. Інформаційні системи і технології на автомобільному транспорті: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2020. 104 с.