

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 4430 пасажирів**

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

Пластунов С. М.

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**

Пластунову Сергію Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Проектування організації перевезень на міському автобусному маршруті з добовим обсягом перевезень 4430 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 раціональних параметрів перевізного процесу 2. Розробка розкладу руху 3. Організація дорожнього руху на перехресті маршруту

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Ешюра 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 раціональних параметрів перевізного процесу	22.05.26 – 29.05.26	
2.	Розробка розкладу руху	30.05.26 – 4.06.26	
3.	Організація дорожнього руху на перехресті маршруту	5.06.26 – 10.06.26	

Студент

(підпис)

Пластунов С. М.

(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	166	0	10	122	0
2	73	8	9	49	6
3	54	9	8	34	8
4	38	17	7	32	11
5	27	28	6	23	22
6	21	35	5	18	26
7	16	43	4	15	28
8	10	58	3	10	32
9	5	71	2	7	71
10	0	141	1	0	106

Таблиця 2 – Довжина перегонів маршруту

Номер перегону	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10
Довжина перегону, км	0,81	0,75	1,02	0,78	0,79	0,81	1,05	0,94	1,05

Таблиця 3 - Параметри маршруту

Показники	Значення
Експлуатаційна швидкість, км/год	20
Технічна швидкість, км/год	26
Відстань нульового пробігу, км	3,6
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	157462	173515	189459
Лютий	167084	166755	154876
Березень	150864	167331	173153
Квітень	166167	160198	171162
Травень	167847	168899	161172
Червень	162196	181570	191219
Липень	141120	138084	137961
Серпень	139898	148116	160819
Вересень	164029	183621	174472
Жовтень	166167	156146	158555
Листопад	156698	170255	165765
Грудень	167389	161893	166866

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	0,23	0,93	1	0,66	0,56	0,48	0,37	0,33	0,44	0,61	0,92	0,86	0,71	0,47	0,41	0,35	0,21	0,14

Таблиця 6 – Характеристики дорожнього руху на перехресті

Номер підходу до перехрестя	1			2		
Кількість смуг руху, од.	2			2		
Ширина першої смуги руху (другої), м	3,2 (3,0)			3,2 (3,0)		
Напрямок руху	1-2	1-3	1-4	2-1	2-4	2-3
Інтенсивність руху, авт./год	983	116	316	826	99	270
Інтенсивність пішохідних потоків, пас./год	236			295		
Номер підходу до перехрестя	3			4		
Кількість смуг руху, од.	2			2		
Ширина першої смуги руху (другої), м	3,2 (3,0)			3,2 (3,0)		
Напрямок руху	3-4	3-2	3-1	4-3	4-1	4-2
Інтенсивність руху, авт./год	711	92	166	763	94	184
Інтенсивність пішохідних потоків, пас./год	177			221		

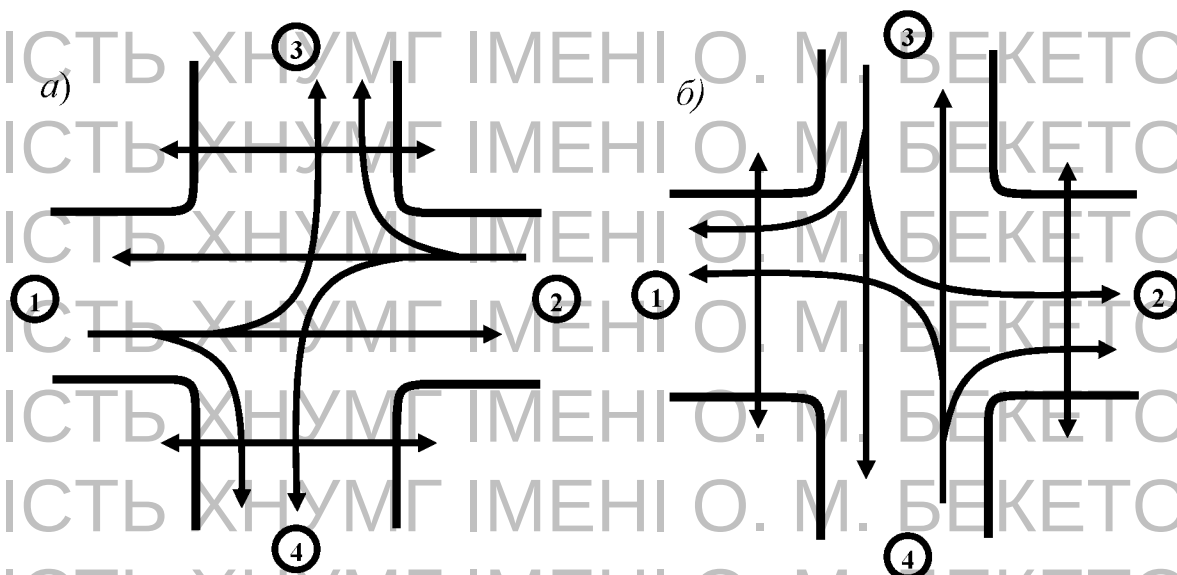


Рисунок 1 – Існуюча схема пофазного розізду:

а) I фаза; б) II фаза.

Таблиця 7 – Характеристики існуючого циклу світлофорного регулювання

Номер фази	1	2
Час основного такту, с	65	43
Час проміжного такту, с	4	4
Час циклу, с	116	

Студент _____

(підпис)

Керівник роботи _____

(підпис)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота налічує 74 сторінки пояснювальної записки, 11 ілюстрацій, 12 таблиць, 12 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: міський автобусний маршрут з добовим обсягом перевезень 4430 пасажирів.

Мета роботи – розробка заходів з організації перевезень на міському автобусному маршруті з добовим обсягом перевезень 4430 пасажирів.

Метод дослідження: аналітичний.

У кваліфікаційній роботі за результатами розрахунків техніко-експлуатаційних показників встановлено, що для забезпечення роботи маршруту необхідно використовувати 6 автобусів моделі ЗАЗ А08А1В. Виконано прогнозування пасажиропотоку на маршруті. На основі графоаналітичних розрахунків побудовано стрічковий графік руху та сформовано маршрутний розклад автобусів. Перевірка режимів праці водіїв засвідчила, що розроблений розклад відповідає вимогам чинного трудового законодавства. Для досліджуваного перехрестя спроектовано схему розміщення технічних засобів організації дорожнього руху та визначено раціональні параметри світлофорного регулювання. Проведені розрахунки показали, що впровадження запропонованого режиму роботи світлофора забезпечує скорочення середньої затримки транспортних засобів на 1,49 с, що підтверджує ефективність запропонованих заходів.

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

ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ, АВТОБУС, РОЗКЛАД РУХУ,
ПЕРЕХРЕСТЯ, ЦИКЛ СВІТЛОФОРНОГО РЕГУЛЮВАННЯ, ЗАТРИМКА
РУХУ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
Розділ 1 ВИБІР РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЕРЕВІЗНОГО ПРОЦЕСУ.....	12
1.1 Аналіз існуючих методів удосконалення перевезень пасажирів у містах.....	12
1.2 Розрахунок пасажиропотоків.....	30
1.3 Вибір автобусуів.....	33
1.4 Визначення експлуатаційних показників.....	41
1.5 Прогнозування обсягів перевезень.....	45
1.6 Висновки по розділу.....	46
Розділ 2 РОЗРОБКА РОЗКЛАДУ РУХУ.....	47
2.1 Визначення потрібної кількості автобусів у години доби.....	47
2.2 Розробка графіку роботи водіїв та автобусів.....	51
2.3 Розробка розкладу руху.....	51
2.4 Висновки по розділу.....	57
Розділ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ МАРШРУТУ.....	44
3.1 Розміщення технічних засобів.....	59
3.2 Формування схеми пофазного роз'їзду.....	60
3.3 Визначення параметрів світлофорного регулювання.....	61
3.4 Висновки по розділу.....	69
ВИСНОВКИ.....	71
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	74

ННІЕІТІ ТСЛ ТТ 2022-1 ТТ XXX...Х ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка		
Розроб.		Пластунов С. М.					
Перевір.		Куш Є.І.					
Н. контр.		Бурко Д.Л.					
Затв.		Куш Є.І.					
					Літера	Аркуш	Аркушів
					д	п	у
						8	74
					ХНУМГ		

ВСТУП

Функціонування ефективної системи міського пасажирського транспорту є однією з ключових передумов сталого розвитку сучасних міст. Від рівня організації транспортного обслуговування значною мірою залежить мобільність населення, доступність робочих місць, освітніх і медичних закладів, адміністративних установ та інших об'єктів соціальної інфраструктури. Саме тому вдосконалення організації перевезень на міських автобусних маршрутах сьогодні розглядається як важливий напрям розвитку транспортної галузі, спрямований на підвищення ефективності функціонування всієї міської транспортної системи.

Автобусний транспорт є найбільш поширеним видом громадського транспорту завдяки своїй універсальності, порівняно невисоким витратам на організацію перевезень та можливості швидкого пристосування до змін транспортного попиту. На відміну від рейкового транспорту, автобусні маршрути можуть оперативно змінюватися відповідно до розвитку житлової забудови, появи нових центрів тяжіння пасажирів або зміни соціально-економічної ситуації. Це забезпечує можливість підтримувати необхідний рівень транспортної доступності навіть за умов швидкої трансформації міського середовища.

Разом із тим ефективність автобусних перевезень значною мірою визначається якістю організації перевізного процесу. Недостатньо обґрунтований вибір рухомого складу, невідповідність розкладів руху фактичним потребам пасажирів, нерівномірний розподіл транспортних потоків, перевантаження окремих маршрутів, недостатня пропускна спроможність вулично-дорожньої мережі та відсутність пріоритету громадського транспорту призводять до збільшення часу поїздки,

погіршення регулярності руху, підвищення експлуатаційних витрат перевізників і зниження рівня задоволеності пасажирів.

Додатковими чинниками, що ускладнюють функціонування автобусного транспорту, є фізичне та моральне старіння значної частини рухомого складу, збільшення рівня автомобілізації населення, виникнення транспортних заторів, зростання вартості паливно-енергетичних ресурсів, необхідність дотримання сучасних екологічних стандартів та вимог щодо безбар'єрності транспортних послуг. Усе це потребує впровадження сучасних підходів до планування маршрутної мережі, організації дорожнього руху та управління перевезеннями.

Особливого значення набуває комплексний аналіз пасажиропотоків, який дозволяє визначити закономірності зміни транспортного попиту в просторі та часі. Саме результати дослідження пасажиропотоків є основою для обґрунтування типу і пасажиромісткості автобусів, визначення їх необхідної кількості, встановлення оптимальних інтервалів руху та розроблення раціонального маршрутного розкладу. Крім того, прогнозування майбутніх обсягів перевезень створює можливість своєчасно адаптувати роботу маршрутів до очікуваних змін транспортного попиту.

Важливою складовою вдосконалення автобусних перевезень є застосування сучасних цифрових технологій. Використання автоматизованих систем диспетчерського управління, GPS-моніторингу рухомого складу, електронного квитка, інформаційних сервісів для пасажирів, систем аналізу великих масивів транспортних даних та інтелектуальних транспортних систем сприяє підвищенню точності управління перевізним процесом, покращенню регулярності руху та оперативному реагуванню на зміни дорожньої ситуації.

Не менш важливим напрямом є інтеграція автобусного транспорту з іншими видами міської мобільності. Сучасна транспортна політика передбачає формування єдиної транспортної системи, в якій автобусні

маршрути взаємодіють із трамваями, тролейбусами, метрополітеном, приміським транспортом, велосипедною інфраструктурою та сервісами мікромобільності. Такий підхід забезпечує підвищення зручності пересування населення, скорочення кількості пересадок і часу поїздки, а також сприяє зменшенню використання приватних автомобілів.

Одним із перспективних напрямів розвитку міських автобусних перевезень є впровадження екологічно чистого рухомого складу. Використання автобусів з електричними, гібридними або газовими силовими установками дозволяє суттєво скоротити рівень викидів шкідливих речовин, знизити шумове навантаження на міське середовище та забезпечити відповідність міжнародним екологічним стандартам. Поряд із цим важливими залишаються питання підвищення енергоефективності перевезень, оптимізації витрат перевізників і раціонального використання транспортних ресурсів.

Таким чином, удосконалення організації перевезень на міських автобусних маршрутах є комплексним завданням, що охоплює технічні, економічні, організаційні, соціальні та екологічні аспекти функціонування транспортної системи міста. Реалізація сучасних підходів до організації перевізного процесу забезпечує підвищення ефективності використання рухомого складу, покращення якості транспортного обслуговування населення, скорочення експлуатаційних витрат, підвищення безпеки дорожнього руху та створення передумов для формування сталої, доступної й конкурентоспроможної системи міського громадського транспорту.

РОЗДІЛ 1

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЕРЕВІЗНОГО ПРОЦЕСУ

1.1 Аналіз методів удосконалення міських пасажирських перевезень

Розроблення ефективних заходів щодо підвищення якості організації міських пасажирських перевезень потребує ґрунтовного аналізу існуючих наукових підходів і практичних методів, які застосовуються для вирішення транспортних завдань. Одним із ключових етапів такого аналізу є систематизація наявних методів шляхом їх класифікації за характерними ознаками, принципами функціонування, сферою застосування та особливостями реалізації. Класифікаційний підхід дозволяє впорядкувати значну кількість методів дослідження та управління транспортними процесами, визначити їх переваги, обмеження й умови ефективного використання. Це створює передумови для обґрунтованого вибору найбільш доцільних інструментів удосконалення транспортного обслуговування населення залежно від особливостей маршрутної мережі, характеристик пасажиропотоків, технічних можливостей перевізника та вимог до якості перевезень. Крім того, проведення класифікації сприяє виявленню перспективних напрямів розвитку методичного забезпечення організації перевезень і формує наукове підґрунтя для розроблення нових підходів до підвищення ефективності функціонування системи міського пасажирського транспорту.

На рис. 1.1 наведено узагальнену класифікацію сучасних методів, що застосовуються для вдосконалення організації міських пасажирських перевезень. Представлена систематизація охоплює основні напрями підвищення ефективності функціонування транспортної системи та якості

обслуговування населення. Кожна із виділених груп методів орієнтована на вирішення окремих аспектів транспортного процесу, починаючи від оптимізації маршрутної мережі та параметрів руху транспортних засобів і закінчуючи впровадженням сучасних інформаційних технологій, удосконаленням управління перевезеннями та оновленням матеріально-технічної бази.

Практичне застосування наведених методів дає змогу підвищити доступність транспортних послуг, скоротити витрати часу пасажирів на пересування, покращити регулярність руху транспортних засобів, а також забезпечити більш раціональне використання рухомого складу й виробничих ресурсів транспортного підприємства. Водночас ефективність реалізації кожного із підходів залежить від особливостей маршрутної мережі, структури пасажиропотоків, фінансових можливостей перевізника та технічного стану транспортної інфраструктури.

Найбільшу групу серед наведених підходів становлять методи, спрямовані на вдосконалення організації руху на окремих маршрутах міського пасажирського транспорту. До них належать оптимізація розкладів руху, коригування інтервалів між транспортними засобами, вибір типу та кількості автобусів, удосконалення режимів експлуатації маршрутів, а також раціональний розподіл транспортних засобів залежно від зміни попиту на перевезення протягом доби. Перевагою таких заходів є можливість їх реалізації без значних капіталовкладень, оскільки в більшості випадків вони базуються на ефективнішому використанні наявних ресурсів. Лише окремі рішення, пов'язані з оновленням рухомого складу або модернізацією інфраструктури, потребують істотних фінансових витрат. Разом із тим слід враховувати, що локальні організаційні заходи зазвичай забезпечують обмежений рівень покращення показників роботи транспортної системи, тоді як досягнення суттєвого соціально-економічного ефекту можливе лише за

умови комплексного поєднання організаційних, технічних, економічних та інформаційних методів управління міськими пасажирськими перевезеннями.

Особливу увагу серед сучасних напрямів удосконалення міських пасажирських перевезень слід приділити методам, орієнтованим на виявлення та задоволення існуючого, але нереалізованого попиту населення на транспортні послуги. Застосування таких підходів базується на детальному дослідженні пасажиропотоків, аналізі транспортної доступності окремих районів міста та визначенні часових і просторових проміжків, у яких наявна пропозиція транспортних послуг не відповідає фактичним потребам населення.

Реалізація відповідних організаційних заходів може передбачати відкриття нових маршрутів, коригування існуючих схем руху, зміну інтервалів руху транспортних засобів, збільшення їх кількості у години найбільшого навантаження або використання рухомого складу більшої пасажиромісткості. Такі рішення сприяють підвищенню транспортної доступності житлових, виробничих і громадських зон, скороченню часу очікування та поїздки, а також покращенню комфортності перевезень.

Водночас задоволення незабезпеченого попиту має вагоме економічне значення для транспортного підприємства. Зростання кількості перевезених пасажирів забезпечує збільшення доходів від основної діяльності, підвищує ефективність використання рухомого складу та сприяє зміцненню конкурентоспроможності перевізника на ринку транспортних послуг. Отже, своєчасне виявлення та врахування незадоволеного попиту населення є одним із найважливіших напрямів удосконалення організації міських пасажирських перевезень, що дозволяє одночасно досягти соціального та економічного ефекту.

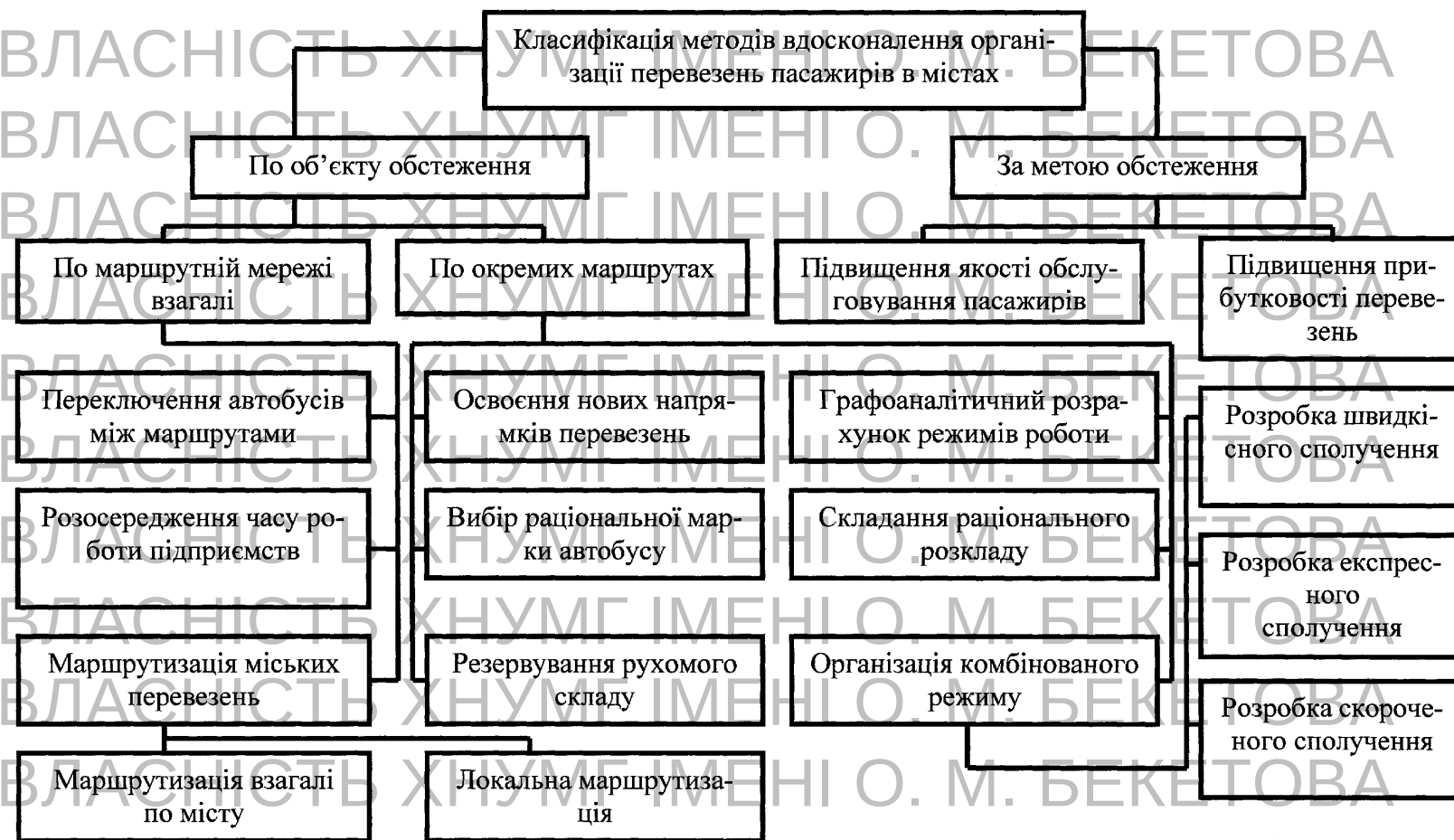


Рисунок 1.1 – Методи удосконалення перевезень пасажирів у містах

Водночас під час планування заходів із удосконалення транспортного обслуговування необхідно враховувати не лише просторову структуру пасажирських переміщень та основні напрями формування попиту, а й вимоги пасажирів до рівня якості надання транспортних послуг. Для більшості користувачів громадського транспорту важливими критеріями вибору є швидкість і регулярність сполучення, комфортність поїздки, надійність дотримання розкладу, безпека перевезень, зручність пересадок та доступність транспортної інфраструктури. Саме тому організація перевезень повинна ґрунтуватися не лише на кількісних характеристиках пасажиропотоків, а й на комплексному врахуванні очікувань і потреб різних категорій населення.

Урахування зазначених чинників створює передумови для застосування диференційованих підходів до організації транспортного обслуговування. Це може реалізовуватися шляхом запровадження нових маршрутів із різними режимами експлуатації, організації експресних, напівекспресних або прискорених рейсів, використання рухомого складу різної пасажиромісткості та рівня комфортності, а також адаптації режимів роботи маршрутів до особливостей попиту в різні періоди доби. Такий підхід забезпечує більш повне задоволення транспортних потреб населення, підвищує привабливість громадського транспорту, сприяє раціональному використанню ресурсів перевізника та створює умови для зростання ефективності функціонування всієї системи міських пасажирських перевезень.

Незважаючи на те, що реалізація заходів, пов'язаних із запровадженням нових маршрутів, придбанням сучасного рухомого складу або підвищенням рівня транспортного сервісу, потребує значних фінансових ресурсів, саме такі рішення мають найбільший потенціал для довгострокового розвитку системи міських пасажирських перевезень. Їх упровадження сприяє підвищенню якості транспортного обслуговування, покращенню

експлуатаційних показників роботи транспорту, зростанню конкурентоспроможності громадського транспорту порівняно з індивідуальними видами пересування та формуванню стабільного попиту на транспортні послуги.

Одним із ключових чинників, що стримує реалізацію таких проєктів, є значний обсяг початкових капіталовкладень, необхідних для оновлення автобусного парку та модернізації матеріально-технічної бази перевізника. З метою зменшення фінансового навантаження транспортні підприємства можуть використовувати різні механізми залучення інвестицій, серед яких особливе місце займає лізинг. Цей інструмент дозволяє здійснювати поетапне фінансування придбання транспортних засобів без необхідності одноразового вилучення значних коштів із обігу підприємства.

Застосування лізингових механізмів забезпечує можливість прискореного оновлення рухомого складу, впровадження сучасних автобусів із кращими технічними, економічними та екологічними характеристиками, а також підвищення рівня комфорту й безпеки перевезень. Крім того, використання лізингу сприяє більш раціональному розподілу фінансових ресурсів, збереженню ліквідності підприємства та створює умови для реалізації масштабних інвестиційних проєктів без суттєвого погіршення його фінансової стійкості.

Порівняно з масштабними інвестиційними проєктами, спрямованими на розвиток маршрутної мережі або будівництво нової транспортної інфраструктури, менш витратними є заходи, що передбачають удосконалення організації перевезень у межах уже функціонуючих маршрутів. Такі рішення ґрунтуються на більш ефективному використанні наявних виробничих ресурсів, оптимізації експлуатаційних параметрів роботи транспорту та адаптації перевізного процесу до реальних характеристик пасажиропотоків. Завдяки цьому їх реалізація не потребує значних капітальних вкладень і може бути здійснена в порівняно короткі терміни.

Одним із найбільш капіталомістких заходів цієї групи є заміна існуючого рухомого складу автобусами, які характеризуються вищими техніко-економічними показниками. Доцільність такого оновлення визначається можливістю зменшення експлуатаційних витрат, підвищення паливної економічності, покращення екологічних характеристик, збільшення надійності транспортних засобів, а також забезпечення більшої відповідності пасажиромісткості автобусів фактичним обсягам перевезень. Використання сучасного рухомого складу дозволяє підвищити продуктивність роботи транспортного підприємства, покращити комфортність поїздки і, як наслідок, збільшити економічну ефективність перевізного процесу.

Попри відносно високу вартість придбання нових транспортних засобів, реалізація такого заходу є організаційно простішою порівняно з багатьма іншими напрямками модернізації транспортної системи. Це пояснюється тим, що оновлення автобусного парку може здійснюватися поетапно без істотної зміни існуючої маршрутної мережі чи технології перевезень. Крім того, транспортне підприємство має можливість частково компенсувати витрати на придбання нових автобусів за рахунок реалізації транспортних засобів, що виводяться з експлуатації. Отримані кошти можуть бути використані як додаткове джерело фінансування модернізації парку, що знижує потребу у зовнішніх інвестиціях і сприяє більш раціональному використанню фінансових ресурсів підприємства.

До цієї групи заходів також належать сучасні технологічні рішення, спрямовані на підвищення ефективності функціонування існуючих маршрутів без необхідності їх суттєвої реконструкції. Серед них особливе місце займають впровадження комбінованих режимів руху транспортних засобів, а також формування систем оперативного резервування автобусів, що забезпечує гнучке реагування на зміну транспортного попиту та виникнення непередбачуваних ситуацій під час експлуатації маршрутів.

Комбінований режим руху передбачає поєднання переваг звичайного та прискореного (експресного або напівекспресного) обслуговування пасажирів. За такої організації перевезень частина транспортних засобів здійснює рух із зупинками на всіх зупинкових пунктах, тоді як інші обслуговують лише найбільш завантажені або ключові зупинки. Це дозволяє скоротити тривалість поїздки для пасажирів, які здійснюють переміщення на значні відстані, підвищити середню експлуатаційну швидкість руху автобусів, зменшити втрати часу на проміжних зупинках та підвищити привабливість громадського транспорту порівняно з індивідуальними видами пересування.

Разом із тим ефективне впровадження комбінованого режиму можливе лише за наявності відповідних організаційних та інфраструктурних передумов. До них належать достатня пропускна спроможність вулично-дорожньої мережі, можливість часткової ізоляції громадського транспорту від загального транспортного потоку шляхом облаштування виділених смуг або надання пріоритету на регульованих перехрестях, а також наявність стабільних і прогнозованих пасажиропотоків. Важливою умовою є також детальне дослідження структури транспортного попиту, що дає змогу визначити доцільність запровадження прискорених рейсів без погіршення транспортної доступності проміжних зупинок.

Іншим перспективним напрямом є створення системи резервування рухомого складу, яка передбачає використання резервних транспортних засобів для оперативної заміни автобусів у разі їх технічної несправності, виникнення заторів, різкого збільшення пасажиропотоків або інших порушень графіка руху. Такий підхід сприяє підвищенню надійності транспортного обслуговування, забезпеченню регулярності перевезень та зменшенню негативного впливу позаштатних ситуацій на якість транспортних послуг.

Таким чином, хоча впровадження комбінованих режимів руху та систем резервування автобусів здатне істотно підвищити ефективність роботи міського пасажирського транспорту, практична реалізація цих заходів є доцільною лише за наявності відповідних експлуатаційних, технічних та організаційних умов, що обмежує сферу їх застосування окремими маршрутами або специфічними виробничими ситуаціями.

Запровадження системи резервування рухомого складу є одним із ефективних інструментів підвищення надійності функціонування міського пасажирського транспорту. Її основне призначення полягає у забезпеченні безперервності транспортного обслуговування шляхом оперативної заміни автобусів, що вибули з експлуатації через технічні несправності, дорожньо-транспортні пригоди, затримки в русі або інші непередбачувані обставини. Завдяки цьому вдається підтримувати стабільність виконання розкладу руху, мінімізувати відхилення від установлених інтервалів та зменшити негативний вплив позаштатних ситуацій на якість транспортного обслуговування населення.

Підвищення надійності перевезень безпосередньо впливає на рівень задоволеності пасажирів, оскільки забезпечує прогнозованість поїздок, скорочує час очікування та формує довіру до громадського транспорту. Висока регулярність руху й дотримання графіків є важливими показниками якості транспортних послуг, що підвищують конкурентоспроможність громадського транспорту відносно індивідуальних засобів пересування. Як наслідок, покращення надійності транспортного обслуговування сприяє збільшенню кількості пасажирів, підвищенню обсягів перевезень і зростанню доходів транспортного підприємства.

Традиційно реалізація системи резервування пов'язується з необхідністю формування резервного парку транспортних засобів, а також забезпечення підприємства додатковими водіями й обслуговуючим персоналом. Однак такий підхід потребує значних фінансових витрат на

придбання або оренду автобусів, їх технічне обслуговування та утримання персоналу, що не завжди є економічно доцільним, особливо для підприємств із обмеженими ресурсами.

Більш раціональною альтернативою є оптимізація організації експлуатаційної роботи без істотного збільшення матеріальних витрат. Це може досягатися шляхом удосконалення графіків роботи водіїв, раціонального планування випуску автобусів на маршрути, скорочення непродуктивних простоїв, оптимізації оборотних рейсів та ефективнішого використання наявного рухомого складу. Застосування сучасних методів планування дозволяє сформувати внутрішній експлуатаційний резерв транспортних засобів і персоналу, який може бути оперативно використаний у разі виникнення відхилень від нормального режиму роботи. Такий підхід забезпечує підвищення надійності перевезень, покращення якості транспортного обслуговування та ефективніше використання виробничих ресурсів без необхідності здійснення значних додаткових капіталовкладень.

Важливим напрямом підвищення ефективності функціонування міського пасажирського транспорту є оптимізація графіків роботи рухомого складу та водіїв із використанням графоаналітичних методів. Застосування такого підходу дозволяє раціоналізувати організацію перевізного процесу без необхідності здійснення додаткових фінансових вкладень. На основі аналізу параметрів роботи маршрутів, режимів експлуатації транспортних засобів і змін інтенсивності пасажиропотоків можна оптимізувати випуск автобусів на лінію, скоротити непродуктивні простой, підвищити рівномірність інтервалів руху та забезпечити більш ефективне використання наявних виробничих ресурсів.

Однією з головних переваг графоаналітичних методів є можливість досягнення економічного ефекту за рахунок удосконалення організації роботи без придбання нового рухомого складу чи збільшення чисельності персоналу. Раціональне планування графіків сприяє зниженню

експлуатаційних витрат, підвищенню продуктивності автобусів і водіїв, покращенню регулярності руху та якості транспортного обслуговування пасажирів. Саме тому графоаналітичний підхід розглядається не лише як допоміжний інструмент оптимізації, а й як самостійний метод підвищення ефективності діяльності транспортного підприємства.

Найбільшого поширення графоаналітичні методи набули під час розроблення комплексних заходів із реформування системи міських пасажирських перевезень. Вони широко використовуються для деталізації режимів роботи маршрутів, формування розкладів руху, визначення потреби в рухомому складі, планування змінності роботи водіїв, а також оцінювання наслідків упровадження різних організаційних рішень. Це дає можливість обґрунтовувати управлінські рішення на основі кількісного аналізу та прогнозувати результати їх реалізації ще до практичного впровадження.

Разом із тим ефективність використання графоаналітичних методів значною мірою залежить від чинних нормативно-правових і організаційних обмежень. Під час формування графіків необхідно враховувати вимоги трудового законодавства щодо тривалості робочого часу, режимів праці та відпочинку водіїв, особливостей змінної роботи, а також технічних регламентів експлуатації транспортних засобів. Наявність таких обмежень звужує множину можливих варіантів оптимізації та не завжди дозволяє реалізувати математично найефективніше рішення в реальних умовах функціонування транспортного підприємства. Незважаючи на це, графоаналітичні методи залишаються одним із найдієвіших інструментів удосконалення організації міських пасажирських перевезень, оскільки забезпечують суттєве підвищення ефективності використання наявних ресурсів без значних додаткових капіталовкладень.

Серед організаційних заходів, спрямованих на підвищення ефективності роботи окремих маршрутів без суттєвих капітальних вкладень, важливе місце займає оптимізація графіка руху автобусів із забезпеченням максимально рівномірних інтервалів їх курсування протягом усього періоду експлуатації маршруту. На відміну від заходів, що потребують оновлення рухомого складу або розвитку транспортної інфраструктури, такий підхід базується переважно на вдосконаленні організації перевізного процесу та більш раціональному використанні наявних виробничих ресурсів.

Формування рівномірного графіка руху дозволяє істотно підвищити якість транспортного обслуговування населення. Насамперед це забезпечує скорочення середнього часу очікування автобусів на зупинках, зменшення ймовірності виникнення нерівномірності руху, запобігає скупченню транспортних засобів на маршруті та сприяє більш стабільному дотриманню встановленого розкладу. Крім того, рівномірний розподіл автобусів у часі забезпечує більш рівномірне завантаження рухомого складу, що позитивно впливає на комфортність поїздок, знижує перевантаження окремих рейсів і підвищує ефективність використання транспортних засобів.

Реалізація цього підходу, як правило, здійснюється на основі попереднього графоаналітичного дослідження роботи маршруту. Під час такого аналізу оцінюються зміни пасажиропотоків за годинами доби, визначаються тривалість оборотного рейсу, потреба в рухомому складі, режими праці водіїв, а також виявляються часові інтервали, у яких спостерігаються відхилення від оптимальних параметрів роботи. На основі отриманих результатів формується удосконалений графік руху, який забезпечує узгодження випуску автобусів із фактичними потребами пасажирів.

Таким чином, упорядкування графіків руху є логічним продовженням графоаналітичної оптимізації та одним із найбільш економічно доцільних методів удосконалення організації міських пасажирських перевезень. Його

застосування дозволяє досягти відчутного покращення експлуатаційних показників і якості транспортного обслуговування без додаткових фінансових витрат, що робить цей підхід особливо привабливим для транспортних підприємств, які функціонують в умовах обмежених ресурсів.

Окремий напрям удосконалення організації міських пасажирських перевезень охоплюють методи, що застосовуються не до окремого маршруту, а до групи маршрутів, які характеризуються подібними умовами експлуатації, структурою пасажиропотоків або спільною організацією роботи. На відміну від локальних заходів, такі підходи спрямовані на оптимізацію функціонування маршрутної мережі в цілому, що дозволяє більш ефективно використовувати наявний рухомий склад та інші виробничі ресурси транспортного підприємства.

Одним із найбільш поширених методів цієї групи є перерозподіл транспортних засобів між маршрутами залежно від коливань інтенсивності пасажиропотоків протягом доби. Основою такого підходу є врахування того, що години максимального навантаження на різних маршрутах не завжди збігаються за часом. Це створює можливість тимчасового переміщення автобусів із маршрутів, де в певний період доби спостерігається зниження попиту на перевезення, на маршрути з більшою потребою у провізній спроможності. Завдяки цьому забезпечується більш повне використання рухомого складу без необхідності придбання додаткових транспортних засобів.

Рациональний перерозподіл автобусів сприяє скороченню часу очікування пасажирів, зменшенню переповнення транспортних засобів у години пік, покращенню регулярності руху та підвищенню ефективності експлуатації автобусного парку. Крім того, такий підхід дозволяє знизити непродуктивні простой рухомого складу, підвищити коефіцієнт його використання та забезпечити більш гнучке реагування транспортного підприємства на зміну попиту на перевезення.

Перевагою цього методу є відсутність необхідності у значних капіталовкладеннях, оскільки його реалізація базується переважно на організаційних рішеннях і більш раціональному плануванні роботи маршрутної мережі. Водночас практичне застосування такого підходу має низку обмежень. Ефективність перерозподілу можлива лише за умови наявності маршрутів із різними часовими профілями навантаження, близьким територіальним розташуванням кінцевих пунктів, сумісними технічними характеристиками рухомого складу та можливістю оперативного переміщення автобусів без порушення встановлених графіків руху. У багатьох випадках такі умови відсутні або проявляються лише на окремих ділянках маршрутної мережі, що суттєво звужує сферу практичного використання цього методу. Незважаючи на зазначені обмеження, перерозподіл рухомого складу залишається перспективним організаційним інструментом, який за сприятливих експлуатаційних умов дозволяє істотно підвищити ефективність використання автобусного парку та покращити якість транспортного обслуговування населення без значних додаткових фінансових витрат.

Незважаючи на те, що локальні організаційні заходи здатні забезпечити помітне покращення роботи окремих маршрутів, найбільшого ефекту вдається досягти завдяки застосуванню комплексних методів, які охоплюють усю маршрутну мережу міського пасажирського транспорту. Такі підходи ґрунтуються на системному аналізі функціонування транспортної мережі та передбачають узгоджене управління взаємопов'язаними маршрутами з урахуванням особливостей транспортного попиту, структури пасажиропотоків і наявних ресурсів перевізника.

Основною перевагою мережевих методів є можливість розглядати окремі маршрути не ізольовано, а як елементи єдиної транспортної системи, між якими існують тісні функціональні взаємозв'язки. Це дозволяє оптимізувати розподіл рухомого складу, зменшити дублювання маршрутів,

забезпечити більш раціональне використання провізної спроможності, покращити організацію пересадок між різними маршрутами та видами транспорту, а також підвищити загальну ефективність функціонування міської транспортної мережі. Завдяки комплексному підходу досягається не лише покращення експлуатаційних показників окремих маршрутів, а й підвищується якість транспортного обслуговування населення в масштабах усього міста.

Разом із тим розроблення та реалізація таких рішень є значно складнішими порівняно з локальними заходами. Це пов'язано з необхідністю одночасного врахування великої кількості взаємопов'язаних факторів, серед яких характеристики маршрутної мережі, нерівномірність пасажиропотоків у просторі та часі, пропускна спроможність вулично-дорожньої мережі, можливості пересадки між маршрутами, параметри роботи рухомого складу, економічні показники діяльності перевізника, обмеження трудового законодавства, а також вимоги щодо забезпечення якості та безпеки перевезень. Крім того, зміна параметрів одного маршруту нерідко впливає на функціонування інших маршрутів, що потребує комплексного моделювання та оцінювання можливих наслідків кожного управлінського рішення.

Таким чином, системні методи оптимізації маршрутної мережі характеризуються значно вищим потенціалом підвищення ефективності міських пасажирських перевезень, однак їх практичне впровадження потребує застосування сучасних методів транспортного моделювання, детального аналізу пасажиропотоків, використання інформаційних технологій та комплексного підходу до управління всією транспортною системою міста.

Одним із перспективних системних напрямів удосконалення організації міських пасажирських перевезень є координація режимів роботи підприємств, установ і організацій шляхом диференціації часу початку та завершення їхньої діяльності. Основною ідеєю такого підходу є

рівномірніший розподіл транспортного попиту протягом доби, що дозволяє уникнути надмірної концентрації пасажиропотоків у традиційні години пік. Завдяки зміщенню часу початку робочих змін для окремих категорій працівників формується більш збалансований графік пересувань населення, що позитивно впливає на функціонування всієї транспортної системи міста.

Розосередження транспортного попиту забезпечує суттєве зменшення максимального навантаження на маршрутну мережу та вулично-дорожню інфраструктуру. У результаті знижується рівень переповнення транспортних засобів, скорочуються затримки, пов'язані з перевантаженням маршрутів, покращується регулярність руху автобусів і підвищується комфортність перевезень. Крім того, зменшення пікових навантажень дає можливість екоротити потребу у додатковому рухомому складі, який використовується лише протягом обмеженого часу доби. Це сприяє більш рівномірному використанню автобусного парку, підвищенню коефіцієнта його завантаження та зниженню експлуатаційних витрат транспортних підприємств.

Попри значний потенціал такого підходу, його практичне впровадження пов'язане з низкою організаційних і нормативних труднощів. Реалізація заходу потребує узгоджених дій органів місцевого самоврядування, транспортних операторів, великих роботодавців, закладів освіти та інших установ, діяльність яких формує основні пасажиропотоки. Крім того, зміна режимів роботи окремих підприємств може впливати на виробничі процеси, організацію праці персоналу та взаємодію між різними суб'єктами господарювання, що значно ускладнює досягнення необхідного рівня координації.

Додатковим обмежувальним фактором є відсутність достатньо ефективних організаційно-правових механізмів, які дозволяли б органам управління транспортною системою безпосередньо впливати на графіки роботи підприємств різних форм власності. Саме тому застосування цього

методу на практиці переважно ґрунтується на добровільній співпраці між усіма зацікавленими сторонами та потребує комплексного планування на рівні міської транспортної політики. Незважаючи на складність реалізації, узгодження режимів роботи підприємств залишається одним із найбільш перспективних системних інструментів управління транспортним попитом, оскільки дозволяє підвищити ефективність використання маршрутної мережі без значного збільшення кількості транспортних засобів або масштабних інвестицій у транспортну інфраструктуру.

Одним із найбільш результативних напрямів удосконалення функціонування міського пасажирського транспорту є оптимізація маршрутної мережі шляхом маршрутизації перевезень. Цей підхід належить до комплексних методів організації транспортного обслуговування, оскільки передбачає системний перегляд параметрів існуючої маршрутної мережі відповідно до сучасних потреб населення, особливостей забудови міста, структури пасажиропотоків та вимог до якості транспортного обслуговування. Основною метою маршрутизації є формування такої мережі маршрутів, яка забезпечує найбільш ефективне використання транспортних ресурсів при максимальному задоволенні попиту населення на перевезення.

Процес маршрутизації охоплює комплекс взаємопов'язаних завдань, серед яких аналіз просторового розподілу пасажиропотоків, визначення напрямків найбільш інтенсивних переміщень населення, оцінювання рівня транспортної доступності окремих районів міста, вибір оптимальних трас проходження маршрутів, уточнення розташування зупинкових пунктів, встановлення раціональної довжини маршрутів, визначення типу та необхідної кількості рухомого складу, а також розроблення ефективних розкладів руху. Комплексне вирішення зазначених завдань дозволяє сформувати збалансовану маршрутну мережу, яка відповідає реальним потребам міської мобільності.

Реалізація маршрутизації забезпечує досягнення значного соціального й економічного ефекту. Для пасажирів це проявляється у скороченні часу поїздки та очікування транспорту, зменшенні кількості пересадок, покращенні транспортної доступності житлових, виробничих і громадських зон, а також підвищенні регулярності та комфортності перевезень. Для транспортних підприємств перевагами є більш раціональне використання автобусного парку, зниження експлуатаційних витрат, підвищення продуктивності рухомого складу, оптимізація використання водіїв та зростання економічної ефективності перевізного пропесу. Крім того, оптимізація маршрутної мережі сприяє зменшенню дублювання маршрутів, рівномірнішому розподілу транспортних потоків і підвищенню загальної ефективності функціонування міської транспортної системи.

Водночас маршрутизація перевезень є одним із найскладніших методів транспортного планування. Її реалізація потребує опрацювання значних обсягів інформації щодо пасажиропотоків, характеристик вулично-дорожньої мережі, транспортного попиту, експлуатаційних показників маршрутів, технічних параметрів рухомого складу та економічних критеріїв ефективності. Пошук оптимальних рішень передбачає використання сучасних математичних моделей, методів оптимізації, геоінформаційних технологій, транспортного моделювання та багатокритеріального аналізу. Саме тому виконання таких розрахунків практично неможливе без застосування спеціалізованого програмного забезпечення, яке забезпечує автоматизоване моделювання маршрутної мережі, оцінювання альтернативних варіантів її розвитку та вибір найбільш ефективних організаційних рішень. Незважаючи на високу складність реалізації, маршрутизація перевезень вважається одним із найперспективніших інструментів підвищення ефективності міського пасажирського транспорту, оскільки забезпечує комплексне вдосконалення всієї системи перевезень та створює передумови для її сталого розвитку.

1.2 Розрахунок пасажиропотоку

Пасажиропотоки визначаємо так:

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

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

$Q_{\text{ei}}, Q_{\text{zi}}$ - кількість пасажирів, що здійснили посадку та висадку на i -ій зупинці, пас./год.

На перегоні 1—2:

$$F_{1-2} = 166 \text{ пас./год},$$

На перегоні 2—3:

$$F_{2-3} = 166 + 73 - 8 = 231 \text{ пас./год}.$$

Результати розрахунків пасажиропотоків для інших перегонів зведено до табл. 1.1 та графічно наведено у вигляді епюри (рис. 1.2, 1.3).

Визначаємо значення максимального пасажиропотоку:

$$F_{\text{max}} = \max\{166; 231; 276; 297; 296; 282; 255; 207; 141; \dots 106\} = 297 \text{ пас./год}.$$

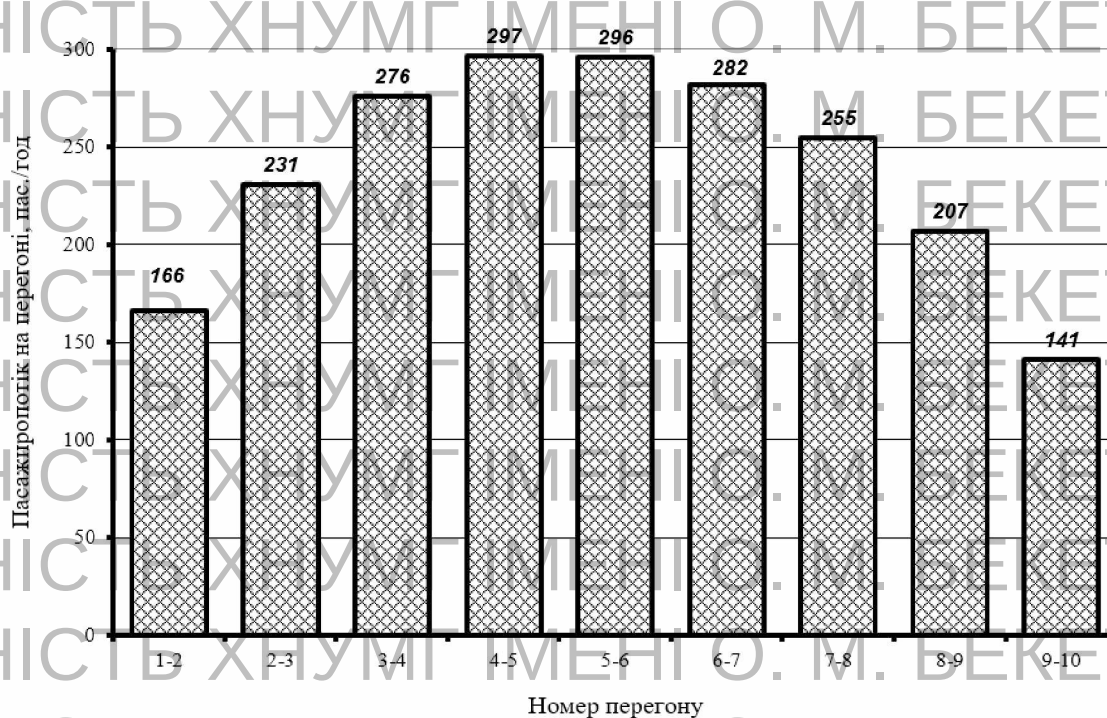
Визначаємо обсяг перевезень:

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

У прямому напрямку:

Таблиця 1.1 – Пасажиropoтoкu на пepегoнax мapшpyтy

Пpямий нaпpямoк				Звopотний нaпpямoк			
Пepегін	Дoвжuнa пepегoнy, км	Інтeнсивність пaсaжupoпoтoкy, пac./гoд	Тpанcпopтнa poбoтa, пac. км	Пepегін	Дoвжuнa пepегoнy, км	Інтeнсивність пaсaжupoпoтoкy, пac./гoд	Тpанcпopтнa poбoтa, пac. км
1-2	0,81	166	134,5	10-9	1,05	122	128,1
2-3	0,75	231	173,3	9-8	0,94	165	155,1
3-4	1,02	276	281,5	8-7	1,05	191	200,6
4-5	0,78	297	231,7	7-6	0,81	212	171,7
5-6	0,79	296	233,8	6-5	0,79	213	168,3
6-7	0,81	282	228,4	5-4	0,78	205	159,9
7-8	1,05	255	267,8	4-3	1,02	192	195,8
8-9	0,94	207	194,6	3-2	0,75	170	127,5
9-10	1,05	141	148,1	2-1	0,81	106	85,9
Усьoгo	8,00	2151	1893,5	Усьoгo	8,00	1576	1392,8

Рисунок 1.2 – Інтeнсивність пaсaжupoпoтoкy на пepегoнax мapшpyтy
(пpямий нaпpямoк)

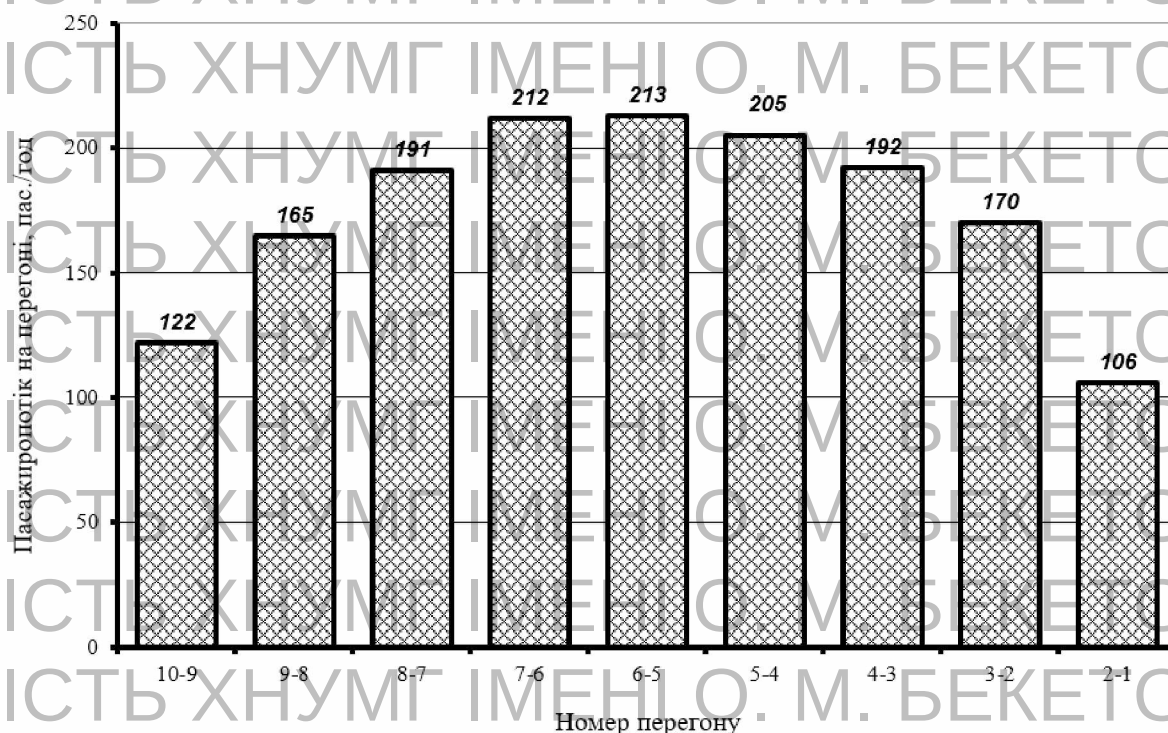


Рисунок 1.3 – Інтенсивність пасажиропотоків на перегонах маршруту
(прямий напрямок)

$$Q = 166 + 73 + 54 + 38 + 27 + 21 + 16 + 10 + 5 = 410 \text{ пас.}$$

У зворотному напрямку:

$$Q = 122 + 49 + 34 + 32 + 23 + 18 + 15 + 10 + 7 = 310 \text{ пас.}$$

Сумарний обсяг:

$$Q = 410 + 310 = 720 \text{ пас.}$$

Визначаємо транспортну роботу:

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

де l_{i-j} - довжина перегону, км.

На перегоні 1 – 2 :

$$W_{1-2} = 0,81 \cdot 166 = 134,5 \text{ пас. км.}$$

Результати розрахунків транспортної роботи наведено у табл. 1.1.

У прямому напрямку:

$$W = 134,5 + 173,3 + 281,5 + 231,7 + 233,8 + 228,4 + 267,8 + 194,6 + \\ + 148,1 = 1893,5 \text{ пас. км.}$$

У зворотному напрямку:

$$W = 128,1 + 155,1 + 200,6 + 171,7 + 168,3 + 159,9 + 195,8 + 127,5 + \\ + 85,9 = 1392,8 \text{ пас. км.}$$

Загальна транспортна робота:

$$W = 1893,5 + 1392,8 = 3286,4 \text{ пас. км.}$$

Далі виконуємо вибір марки автобусу.

1.3 Вибір марки автобусу

Відповідно до результатів аналізу пасажиропотоку, максимальна інтенсивність перевезень на досліджуваному маршруті становить 288

пас./год. Згідно з рекомендаціями щодо вибору типу рухомого складу залежно від величини пасажиропотоку, для забезпечення перевезень за таких умов доцільним є використання автобусів малого класу пасажиромісткості [4]. Застосування транспортних засобів цієї категорії дозволяє забезпечити необхідну провізну спроможність маршруту при раціональному використанні експлуатаційних ресурсів і мінімізації витрат перевізника.

Вибір автобусів малого класу обумовлений їх відповідністю прогнозованим обсягам перевезень, достатнім рівнем пасажиромісткості, нижчими експлуатаційними витратами порівняно з автобусами середнього та великого класів, а також можливістю підтримання економічно обґрунтованих інтервалів руху. Крім того, використання такого рухомого складу сприяє підвищенню ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів, зниженню собівартості перевезень та покращенню загальних техніко-економічних показників роботи маршруту.

З урахуванням наведених вимог для подальшого аналізу та техніко-економічного порівняння як альтернативні варіанти рухомого складу обрано автобуси ЗАЗ А08А1В та DONGFENG EQLT3. Зазначені моделі належать до одного класу пасажиромісткості, проте відрізняються конструктивними особливостями, технічними характеристиками, рівнем паливної економічності, експлуатаційними витратами та вартістю експлуатації. Проведення їх порівняльної оцінки дозволить визначити найбільш доцільний варіант для експлуатації на досліджуваному маршруті з урахуванням показників ефективності перевезень, економічної доцільності та якості транспортного обслуговування. Основні технічні та експлуатаційні характеристики обраних автобусів наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Характеристика автобусів

Показник	ЗАЗ А08А1В	DONGFENG EQLT3
Годинна тарифна ставка водія, грн./год	205,3	205,3
Норма відрахувань на соціальне страхування, %	37,5	37,5
Витрати палива, л/100 км	17	18
Експлуатаційна швидкість автобусу, км/год	20	20
Вартість палива, грн./л	78,49	78,49
Норма відрахувань на мастильні матеріали, %	10,2	10,2
Норма відрахувань на ТО і ремонт, грн./1000 км	4427	4650
Кількість коліс, од.	6	6
Вартість однієї шини, грн.	4200	4200
Норма відрахувань на відновлення шин, %	3	3
Експлуатаційний пробіг шин, км	70000	70000
Кількість днів функціонування маршруту, дн.	365	365
Середній час у наряді, год	8	8
Норма відрахувань на амортизацію, %	40	40
Вартість автобусу, грн.	2293000	2470000
Годинна ставка управлінського персоналу, грн/год.	210,7	210,7
Норматив відрахувань на накладні витрати, %	20	20

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

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

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

B_n – витрати на паливо, грн./год;

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

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

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

B_a – амортизаційні відрахування, грн./год;

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

B_n – накладні витрати, грн./год.

Наводимо розрахунок експлуатаційних витрат для автобусів ЗАЗ А08А1В.

Витрати на ЗП водія

$$ЗП_{\epsilon} = \Gamma_{мс} \cdot \left(1 + \frac{C_{ср}}{100}\right), \quad (1.5)$$

де $\Gamma_{мс}$ – годинна тарифна ставка водія, грн./год;

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

$$ЗП_{\epsilon} = 205,3 \cdot \left(1 + \frac{37,5}{100}\right) = 282,29 \text{ грн.}$$

Витрати на паливо:

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

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

V_{ϵ} – експлуатаційна швидкість, км/год;

B_{1n} – вартість палива, грн. /л.

$$B_n = \frac{17 \cdot 20 \cdot 78,49}{100} = 266,87 \text{ грн.}$$

Витрати на мастильні матеріали:

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

де C_m – норматив відрахувань на мастильні матеріали, %.

$$B_m = \frac{266,87 \cdot 10,2}{100} = 18,63 \text{ грн.}$$

Витрати на ТО та ремонт:

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

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

$$B_{TOiP} = \frac{4427 \cdot 20}{1000} = 88,54 \text{ грн.}$$

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, од.;

$B_{ш}$ – вартість шин, 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 в наряді.

$$B_{ш} = \frac{6 \cdot 4200 \cdot 3 \cdot 70000}{100 \cdot 1000 \cdot 365 \cdot 8} = 18,12 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію:

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

де H_a – норма відрахувань на амортизацію, %;

$Ц_б$ – балансова вартість автобусу, грн.

$$B_a = \frac{40 \cdot 2293000}{100 \cdot 365 \cdot 8} = 314,11 \text{ грн.}$$

Витрати на ЗП управлінського персоналу:

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

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

$$B_{yn} = 210,7 \cdot (1 + 37,5/100) = 289,71 \text{ грн.}$$

Накладні витрати:

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

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

$$B_n = \frac{(282,29 + 266,87 + 27,22 + 88,54 + 18,12 + 314,11 + 289,71) \cdot 20}{100} = 257,37 \text{ грн.}$$

Загальні годинні експлуатаційні витрати:

$$З_{год} = 282,29 + 266,87 + 27,22 + 88,54 + 18,12 + 314,11 + 289,71 + 257,37 = 1544,23 \text{ грн.}$$

Аналогічно розраховуємо витрати для автобусів DONGFENG EQLT3.
Результати представлено у табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Експлуатаційні витрати автобусів

Статті витрат	Автобус	
	3A3 A08A1B	DONGFENG EQLT3
1	2	3
Витрати на ЗП водія, грн./год	282,29	282,29
Витрати на автомобільне паливо, грн./год	266,87	282,56
Витрати на змащувальні матеріали, грн./год	27,22	28,82

Продовження табл. 1.3

1	2	3
Витрати на ТО та ремонт, грн./год	88,54	93,00
Витрати на шини, грн./год	18,12	18,12
Витрати на амортизацію, грн./год	314,11	338,36
Витрати на ЗП управлінського персоналу, грн./год	289,71	289,71
Накладні витрати, грн./год	257,37	266,57
Загальні експлуатаційні витрати, грн./год	1544,23	1599,44

За результатами виконаних розрахунків експлуатаційних витрат встановлено, що найбільш економічно доцільним варіантом для обслуговування досліджуваного маршруту є використання автобусів ЗАЗ А08А1В. Проведене порівняння альтернативних моделей рухомого складу свідчить, що саме цей автобус забезпечує найнижчий рівень сукупних експлуатаційних витрат, які становлять 1544,23 грн за прийнятих умов експлуатації.

Отримані результати підтверджують, що застосування автобусів ЗАЗ А08А1В дозволяє забезпечити необхідну провізну спроможність маршруту при мінімальних витратах на виконання транспортної роботи. Це сприяє підвищенню економічної ефективності діяльності перевізника, більш раціональному використанню матеріальних і фінансових ресурсів, а також створює передумови для зниження собівартості пасажирських перевезень без погіршення якості транспортного обслуговування.

Таким чином, з урахуванням техніко-економічних показників, відповідності прогнозованому пасажиропотоку та результатів оцінювання експлуатаційних витрат, автобус ЗАЗ А08А1В є найбільш обґрунтованим

вибором для експлуатації на досліджуваному маршруті. Саме ця модель рекомендована для подальших розрахунків і розроблення організаційно-технологічних параметрів перевізного процесу.

1.4 Визначення експлуатаційних показників перевезень

Визначаємо час обороту автобусів:

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

де l_m - довжина маршруту, км;

V_e - експлуатаційна швидкість, км/год.

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

Потрібну кількість автобусів:

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

де q_n - номінальна місткість, пас.

$$A = \frac{297 \cdot 0,8}{40} = 6 \text{ од.}$$

Інтервал руху:

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

$$I_{пл} = \frac{48}{6} = 8,0 \text{ хв.}$$

Середня відстань поїздки пасажирів:

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

У прямому напрямку:

$$l_{cp} = \frac{1893,5}{410} = 4,62 \text{ км.}$$

У зворотному:

$$l_{cp} = \frac{1392,8}{310} = 4,49 \text{ км.}$$

Розраховуємо динамічний коефіцієнт використання місткості:

$$\gamma_{\partial} = \frac{t_{об} W}{l_{м} q_{н} A}. \quad (1.17)$$

У прямому напрямку:

$$\gamma_{\partial} = \frac{0,80 \cdot 1893,5}{8,00 \cdot 40 \cdot 6} = 0,789.$$

У зворотньому напрямку:

$$\gamma_{\partial} = \frac{0,80 \cdot 1392,8}{8,00 \cdot 40 \cdot 6} = 0,580.$$

Розраховуємо статичний коефіцієнт:

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

де n - кількість перегонів, од.

Для прямого напрямку:

$$\gamma_{\sigma} = \frac{0,80 \cdot 2151}{9 \cdot 6 \cdot 40} = 0,797.$$

У зворотньому:

$$\gamma_{\sigma} = \frac{0,80 \cdot 1576}{9 \cdot 6 \cdot 40} = 0,584.$$

Розраховуємо коефіцієнт змінюваності:

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

Для прямого напрямку:

$$\eta = \frac{8,0}{4,62} \times \frac{0,789}{0,797} = 1,72.$$

Для зворотного напрямку:

$$\eta = \frac{8,0}{4,49} \times \frac{0,580}{0,584} = 1,77.$$

Результати розрахунків заносимо до табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Техніко-експлуатаційні показники на маршруті

№ п/п	Показники	Напрямок руху	
		прямий	зворотний
1	Обсяг перевезень, пас.	720 410	310
2	Довжина маршруту, км	8,0	
3	Експлуатаційна швидкість, км/год	20	
4	Час оберту, хв.	48	
5	Пасажиromісткість автобусів, пас.	40	
6	Марка транспортного засобу	ЗА3 А08А1В	
7	Максимальний пасажиропотік, пас./год	297	
8	Потрібна кількість автобусів, од.	6	
9	Плановий інтервал, хв.	8,0	
10	Обсяг транспортної роботи, пас. км	3286,4 1893,5	1392,8
11	Середня відстань поїздки, км	4,62	4,49
12	Динамічний коефіцієнт використання місткості	0,789	0,580
13	Статичний коефіцієнт використання місткості	0,797	0,584
14	Коефіцієнт змінюваності	1,72	1,77

1.5 Розробка прогнозу обсягів перевезень на маршруті

Прогнозування виконували в табличному редакторі Excel. Прогноз обсягів перевезень надано у табл. 1.5 та графічно зображено на рис. 1.4.

Таблиця 1.5 – Статистика обсягів перевезень та прогноз на 2026 р.

Місяць	Обсяг перевезень, пас.			
	2023	2024	2025	2026
Січень	157462	173515	189459	175319
Лютий	167084	166755	154876	168099
Березень	150864	167331	173153	168570
Квітень	166167	160198	171162	162194
Травень	167847	168899	161172	170711
Червень	162196	181570	191219	176059
Липень	141120	138084	137961	143906
Серпень	139898	148116	160819	148596
Вересень	164029	183621	174472	177980
Жовтень	166167	156146	158555	165320
Листопад	156698	170255	165765	167853
Грудень	167389	161893	166866	172745
Сума	1906922	1976384	2005477	2022362

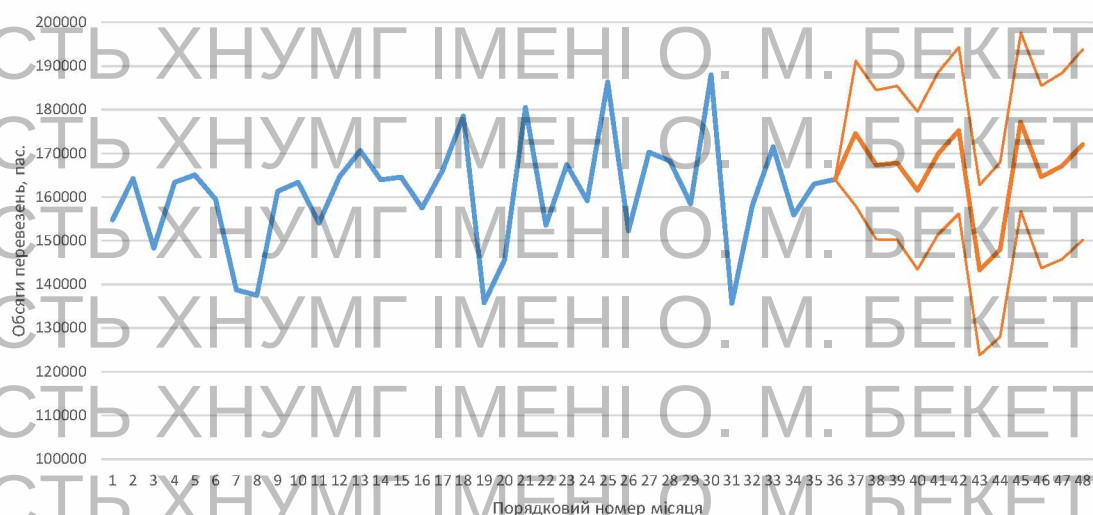


Рисунок 1.4 – Графік прогнозованих обсягів перевезень

Виходячи з побудованого прогнозу обсяг перевезень у 2026 році зростає на 16855 пас. (0,85 %).

1.6 Висновки по розділу

1. Виконано аналіз пасажиропотоків на досліджуваному автобусному маршруті та визначено основні техніко-експлуатаційні характеристики його функціонування. За результатами розрахунків встановлено, що максимальний пасажиропотік становить 297 пас./год, загальний обсяг перевезень – 720 пасажирів, а транспортна робота – 3286,4 пас.-км.

2. На основі величини пасажиропотоку обґрунтовано доцільність використання автобусів малого класу. Проведене техніко-економічне порівняння автобусів ЗАЗ А08А1В та DONGFENG EQLT3 показало, що найбільш економічно ефективним є автобус ЗАЗ А08А1В, оскільки його експлуатаційні витрати становлять 1544,23 грн/год, що є меншим порівняно з альтернативним варіантом.

3. У процесі розрахунків визначено основні параметри організації перевезень: необхідна кількість автобусів на маршруті становить 6 одиниць, час оборту – 48 хв, а плановий інтервал руху – 8 хв. Також розраховано показники використання місткості автобусів і коефіцієнти змінюваності пасажирів, які свідчать про достатньо ефективне використання рухомого складу за прийнятих умов експлуатації.

4. Крім того, виконано прогнозування обсягів перевезень, результати якого засвідчили очікуване зростання річного пасажиропотоку у 2026 році до 2 022 362 пасажирів, що на 0,85 % більше порівняно з попереднім роком. Отримані результати є основою для подальшого розроблення раціонального розкладу руху автобусів та вдосконалення організації перевезень на досліджуваному маршруті.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА РОЗКЛАДУ РУХУ

2.1 Визначення потрібної кількості автобусів у різні періоди доби

Проводимо розрахунок пасажиропотоку в різні періоди часу 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 на маршруті);

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

Для періоду 6:00-7:00:

$$F_{6:00-7:00} = 297 \cdot 0,23 = 68 \text{ пас./год.}$$

Для інших розрахункових періодів результати обчислень наведено в табл. 2.1.

Визначаємо потрібну кількість автобусів:

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

Таблиця 2.1 – Потрібна кількість автобусів і інтервали руху

Години роботи маршруту	Коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоків	Інтенсивність пасажиропотоку, пас./год	Потрібна кількість автобусів, од.	Скорогована кількість автобусів, од.	Інтервали руху, хв.
6:00 - 7:00	0,23	68	2	3	16,0
7:00 - 8:00	0,93	276	6	6	8,0
8:00 - 9:00	1	297	6	6	8,0
9:00 - 10:00	0,66	196	4	4	12,0
10:00 - 11:00	0,56	166	4	4	12,0
11:00 - 12:00	0,48	143	3	3	16,0
12:00 - 13:00	0,37	110	3	3	16,0
13:00 - 14:00	0,33	98	2	3	16,0
14:00 - 15:00	0,44	131	3	3	16,0
15:00 - 16:00	0,61	181	4	4	12,0
16:00 - 17:00	0,92	273	6	6	8,0
17:00 - 18:00	0,86	255	6	6	8,0
18:00 - 19:00	0,71	211	5	5	9,6
19:00 - 20:00	0,47	140	3	3	16,0
20:00 - 21:00	0,41	122	3	3	16,0
21:00 - 22:00	0,35	104	3	3	16,0
22:00 - 23:00	0,21	62	2	3	16,0
23:00 - 00:00	0,14	42	1	3	16,0

Для періоду 6:00-7:00:

$$A_{6:00-7:00} = \frac{68 \cdot 0,80}{40} = 2 \text{ од.}$$

Для інших періодів розрахунків наведені у табл. 2.1.

Визначаємо максимальну кількість автобусів:

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

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

K_{ϕ} - коефіцієнт дефіциту.

$$A_{\max} = 6 \cdot 1 = 6 \text{ од.}$$

Визначаємо мінімальну кількість автобусів:

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

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

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

На підставі визначених мінімального та максимального значень потреби в рухомому складі здійснюється уточнення (коригування) кількості автобусів, що працюють на маршруті впродовж різних періодів доби.

Скориговані результати розрахунків наведено в табл. 2.1.

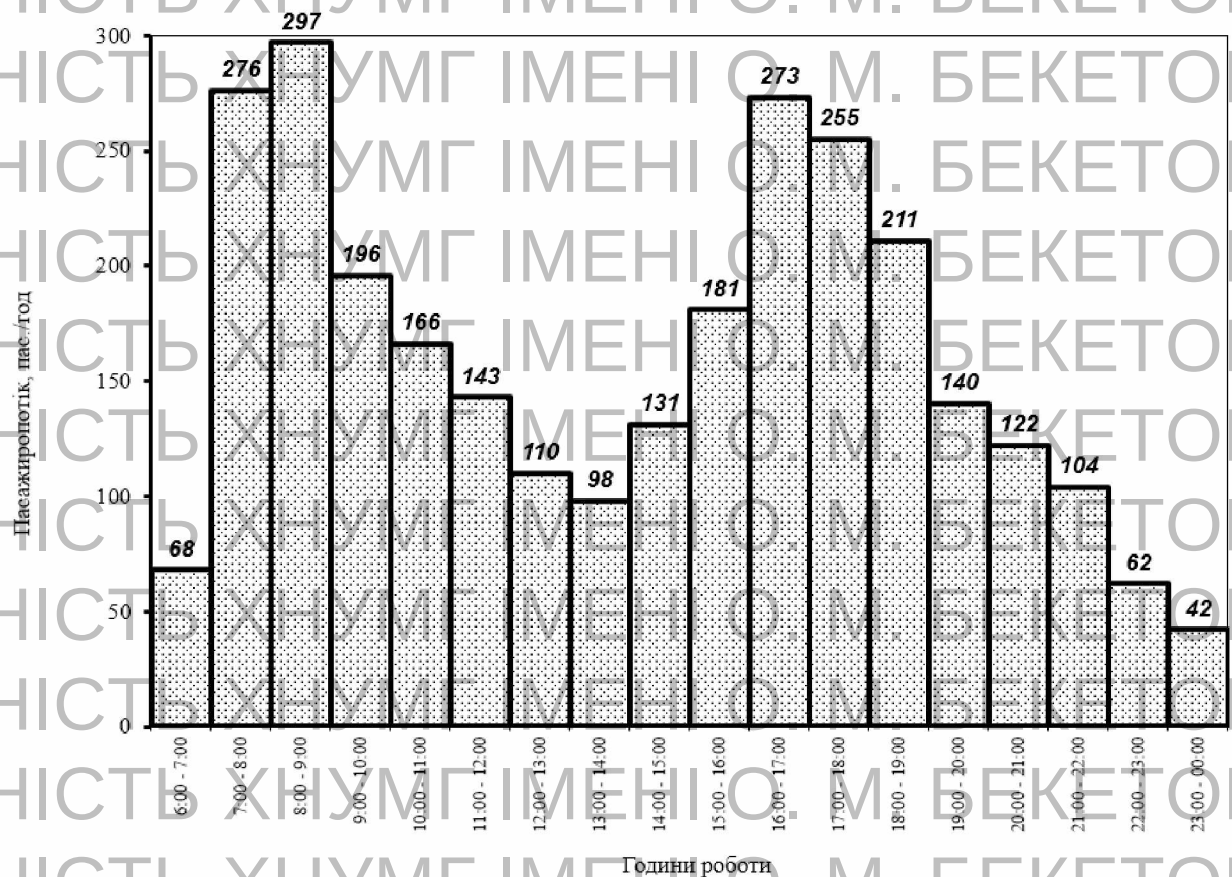


Рисунок 2.1 - Зміна пасажиропотоків за годинами роботи маршруту



Рисунок 2.2— Зміна потрібної кількості автобусів за годинами роботи маршруту

Для наочного відображення отриманих результатів за підсумками виконаних розрахунків будуються графічні залежності, які характеризують зміну величини пасажиропотоку за годинами доби (рис. 2.1), а також динаміку необхідної кількості автобусів для забезпечення перевезень відповідно до наявного попиту (рис. 2.2).

2.2 Розробка графіку роботи водіїв і автобусів

Розробку графіку роботи водіїв і автобусів виконуємо за методикою [5, 6]. Побудований графік зображено на рис. 2.3.

Розраховуємо коефіцієнт ефективності його складання:

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

де AG_{nom} – автомобіле-години потрібні;

AG_{nob} – автомобіле-години побудовані.

$$K_{ef} = \frac{74}{71} = 0,959.$$

Отримане значення задовольняє умові $0,9 \leq K_{ef} \leq 1,0$. Отже, графік в подальшому використовуємо для складання розкладу.

2.3 Розробка розкладу руху автобусів

У період 6:00-7:00 інтервал руху:

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

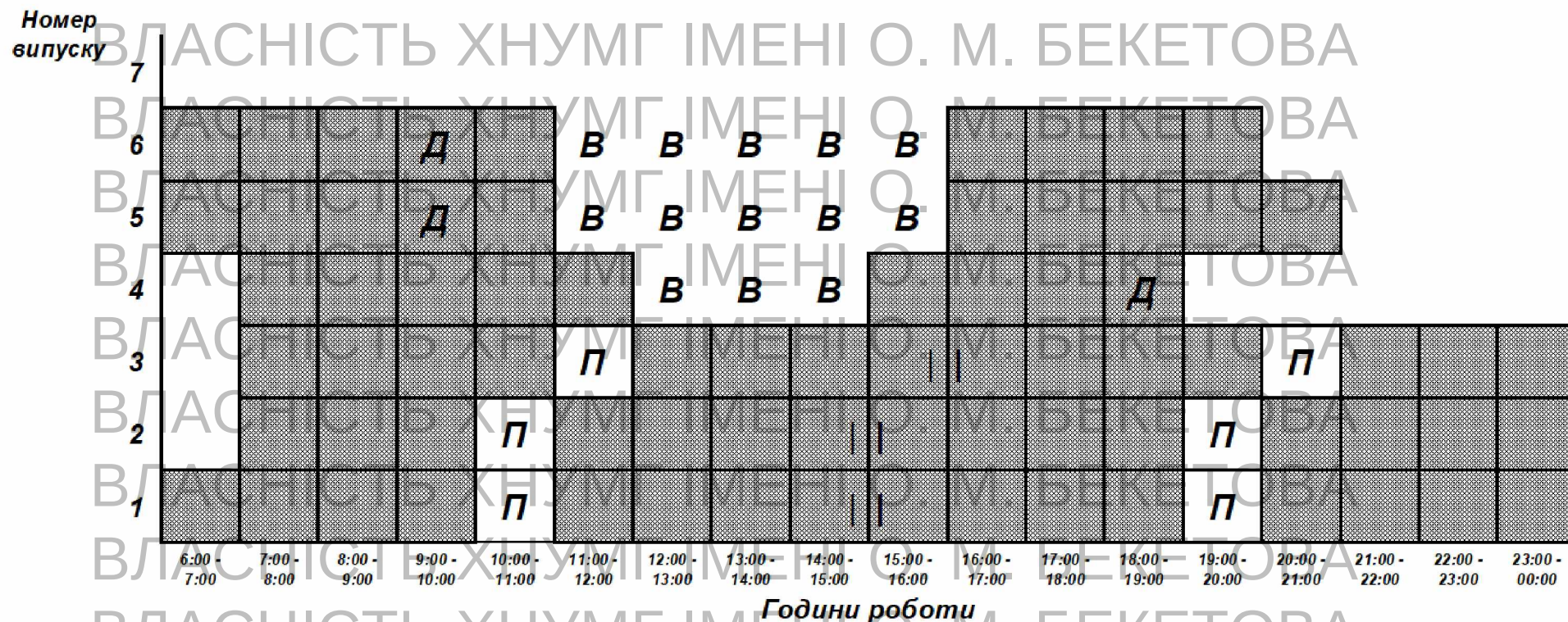


Рисунок 2.3 - Графік праці водіїв і автобусів

Для інших періодів результати розрахунку наведені у табл. 2.2.

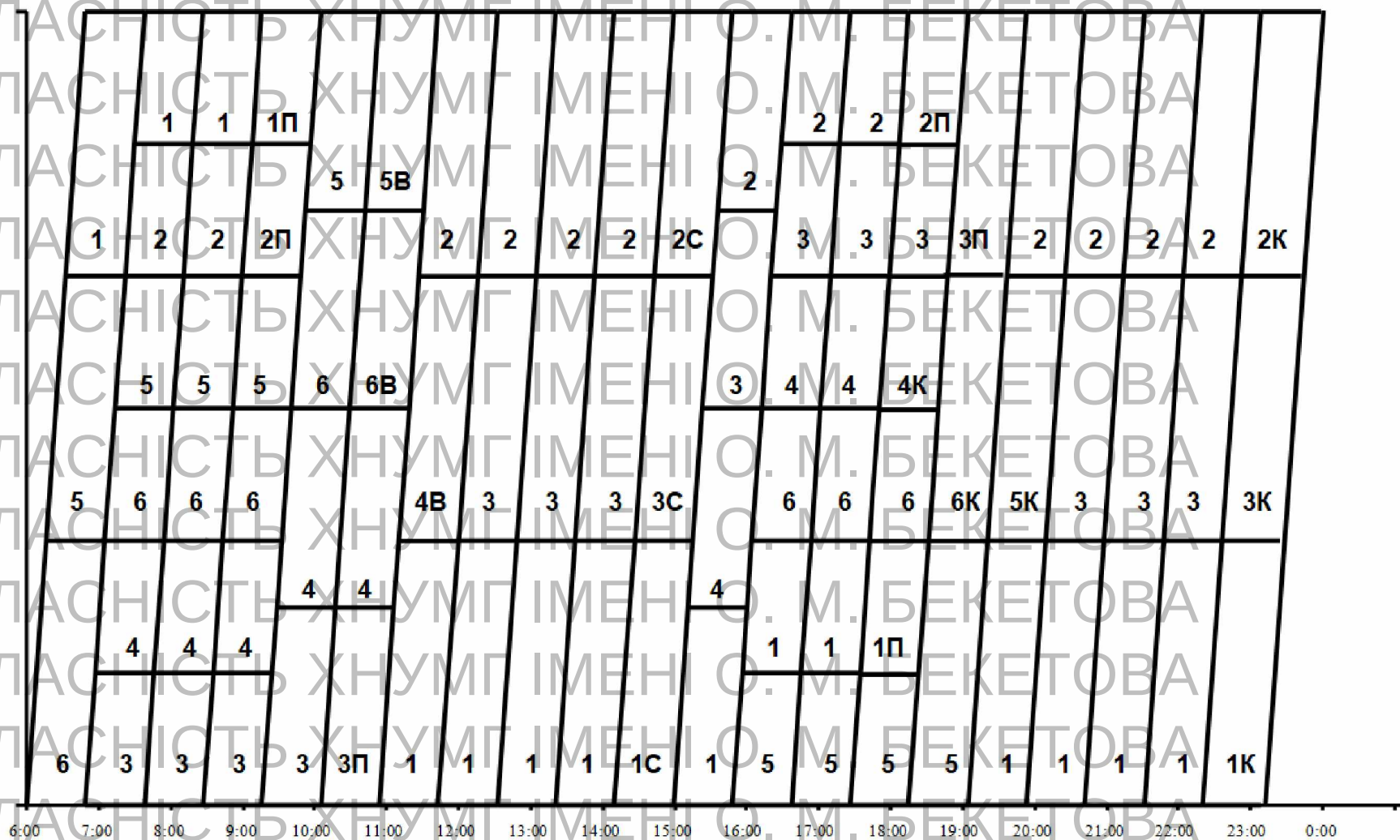
Таблиця 2.2 - Інтервали руху на маршруті

Години	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	6	6	6	4	3	3	3	3
Інтервал руху, хв.	16,0	8,0	8,0	8,0	12,0	16,0	16,0	16,0	16,0
Години	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.	4	6	6	6	3	3	3	3	3
Інтервал руху, хв.	12,0	8,0	8,0	8,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0

Після визначення оптимальних інтервалів руху автобусів відповідно до методичних рекомендацій [4, 6] виконується побудова стрічкового графіка роботи рухомого складу на маршруті, який наведено на рис. 2.4. Побудований графік є основою для формування маршрутного розкладу руху автобусів, що містить час відправлення та прибуття транспортних засобів на кожному рейсі і представлений у табл. 2.3. Використовуючи розроблений маршрутний розклад, визначають час виїзду кожного автобуса з автотранспортного підприємства, що забезпечує своєчасний початок виконання рейсів відповідно до встановленого графіка руху.

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

Номери
выпусків



Години роботи автобусів на маршруті

Рисунок 2.4 - Стрічковий графік

Таблиця 2.3 – Маршрутний розклад руху автобусів

Випуск 1		Випуск 2		Випуск 3		Випуск 4		Випуск 5		Випуск 6	
К31	К32	К31	К32	К31	К32	К31	К32	К31	К32	К31	К32
6:32	6:56	7:20	7:44	6:48	7:12	6:56	7:20	6:16	6:40	6:00	6:24
7:28	7:52	8:08	8:32	7:36	8:00	7:44	8:08	7:12	7:36	7:04	7:28
8:16	8:40	8:56	9:20	8:24	8:48	8:32	8:56	8:00	8:24	7:52	8:16
9:04	9:28	9:44	П	9:12	9:36	9:24	9:48	8:48	9:12	8:40	9:04
9:52	П	11:20	11:44	10:00	10:24	10:12	10:36	9:48	10:12	9:36	10:00
10:48	11:12	12:08	12:32	10:48	П	11:04	11:28	10:36	11:00	10:24	10:48
11:36	12:00	12:56	13:20	11:52	12:16	11:52	В	11:24	В	11:12	В
12:24	12:48	13:44	14:08	12:40	13:04	15:00	15:24	15:36	16:00	15:52	16:16
13:12	13:36	14:32	14:56	13:28	13:52	16:00	16:24	16:24	16:48	16:40	17:04
14:00	14:24	15:20	С	14:16	14:40	16:48	17:12	17:12	17:36	17:28	17:52
14:48	С	15:24	15:48	15:04	С	17:36	18:00	18:00	18:24	18:16	18:40
14:48	15:12	16:16	16:40	15:12	15:36	18:24	К	19:04	19:28	19:04	К
15:44	16:08	17:04	17:28	16:08	16:32			19:52	К		
16:32	16:56	17:52	18:16	16:56	17:20						
17:20	17:44	18:40	П	17:44	18:08						
18:08	П	19:20	19:44	18:32	18:56						
18:48	19:12	20:08	20:32	19:20	П						
19:36	20:00	20:56	21:20	19:52	20:16						
20:24	20:48	21:44	22:08	20:40	21:04						
21:12	21:36	22:32	22:56	21:28	21:52						
22:00	22:24	23:20	К	22:16	22:40						
22:48	К			23:04	К						

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

t_0 - час здійснення нульового пробігу.

Визначаємо час заїзду до АТП:

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

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

Час нульового пробігу:

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

де l_0 - нульовий пробіг, км;

V_m - технічна швидкість автобусу, км/год.

$$t_0 = \frac{3,6 \cdot 60}{26} = 8 \text{ хв.}$$

Для першого випуску:

$$t_{\text{виїзд}} = 6:32 - 00:09 = 06:23 \text{ год,}$$

$$t_{\text{заїзд}} = 22:48 + 00:09 = 22:56 \text{ год.}$$

Результати розрахунків для інших випусків наведені у табл. 2.4.

Визначаємо час перебування автобусів у наряді:

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

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

Для першого випуску час в наряді:

$$T_{n1} = 22:56 - 6:24 - (0:56 + 0:40) = 14:56 \text{ год.}$$

Для інших випусків час в наряді наведено у табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Параметри роботи водіїв на маршруті

Випуск			1	2	3	4	5	6
Виїзд з АТП			6:24	7:12	6:40	6:48	6:08	5:52
Заїзд до АТП			22:56	23:28	23:12	18:32	20:00	19:12
Час перерви (відстою)	1-змiна		0:56	1:26	1:04	3:08	4:12	4:40
	2-змiна		0:40	0:40	0:32			
Час роботи	1-змiна (до відстою)	до перерви	3:20	2:24	4:00	4:56	5:08	5:12
		після перерви	4:00	4:00	3:12			
	2-змiна (після відстою)	до перерви	3:20	3:20	4:16	3:24	4:16	3:12
		після перерви	4:00	4:00	3:12			
Час у наряді			14:56	13:12	14:56	7:00	7:48	7:52
Кількість здійснених обертів			18	16	18	8	9	9

2.4 Висновки по розділу

1. Виконано розроблення розкладу руху автобусів для міського маршруту з урахуванням нерівномірності зміни пасажиропотоків протягом

добі. На основі максимального пасажиропотоку визначено інтенсивність перевезень у кожному часовому періоді, розраховано необхідну кількість автобусів, а також виконано її коригування відповідно до встановлених мінімальних і максимальних значень. За результатами розрахунків встановлено, що для забезпечення перевезень на маршруті необхідно використовувати від 3 до 6 автобусів, а інтервали руху повинні змінюватися в межах від 8 до 16 хв, що забезпечує відповідність транспортної пропозиції фактичному попиту на перевезення.

2. На основі визначених параметрів роботи маршруту розроблено графік праці водіїв і автобусів. Оцінювання його ефективності показало, що коефіцієнт ефективності становить 0,959, що відповідає нормативним вимогам та свідчить про раціональне використання рухомого складу і робочого часу водіїв. Це підтверджує можливість застосування побудованого графіка як основи для подальшої організації перевізного процесу.

3. Відповідно до розрахованих інтервалів руху побудовано стрічковий графік роботи автобусів та сформовано маршрутний розклад руху, який визначає час відправлення і прибуття автобусів на кожному рейсі. Крім того, визначено час виїзду автобусів з автотранспортного підприємства, їх повернення після завершення роботи, тривалість перебування в наряді, час відстою та кількість виконаних обертів для кожного випуску. Отримані результати забезпечують рівномірну організацію роботи маршруту, дотримання режимів праці та відпочинку водіїв і створюють необхідні умови для стабільного та якісного транспортного обслуговування пасажирів.

РОЗДІЛ 3

ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ МАРШРУТУ

3.1 Розміщення технічних засобів організації дорожнього руху

З метою забезпечення безпечної та ефективної організації дорожнього руху на досліджуваному перехресті виконується розроблення схеми розміщення технічних засобів організації дорожнього руху. Розроблену схему розміщення технічних засобів організації дорожнього руху наведено на рис. 3.1.

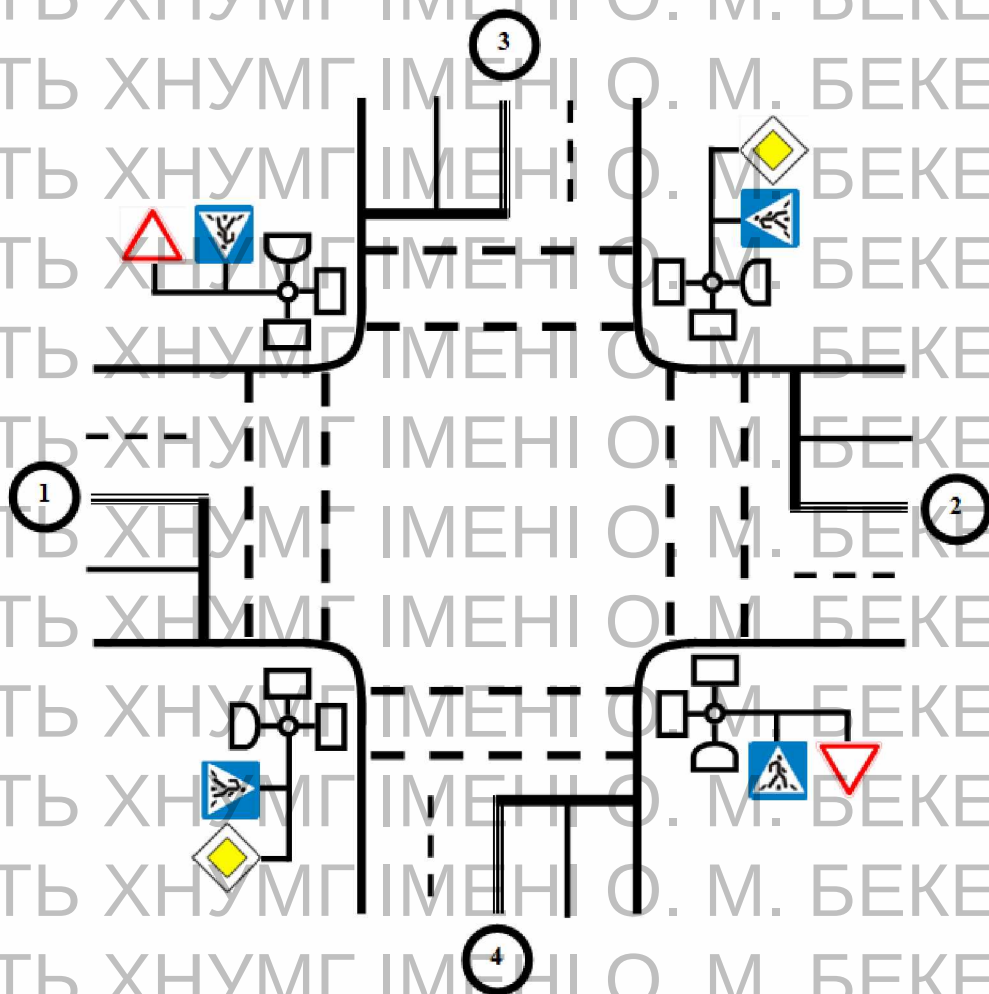


Рисунок 3.1 – Схема розміщення засобів організації руху

Відповідно до запропонованої схеми передбачається нанесення дорожньої розмітки встановлення дорожніх знаків на світлофорів.

3.2 Формування схеми пофазного роз'їзду

На наступному етапі виконується розроблення схеми пофазної організації руху транспортних засобів на досліджуваному перехресті. Під час визначення кількості фаз світлофорного регулювання враховуються інтенсивності транспортних потоків за окремими напрямками, конфліктність маневрів та вимоги чинних нормативних документів [12]. Оскільки інтенсивність лівоповоротних потоків на кожному з підходів не перевищує 120 авт./год, виділення окремої фази для виконання лівих поворотів є недоцільним. У зв'язку з цим для організації руху прийнято двофазне світлофорне регулювання (рис. 3.2 та рис. 3.3).

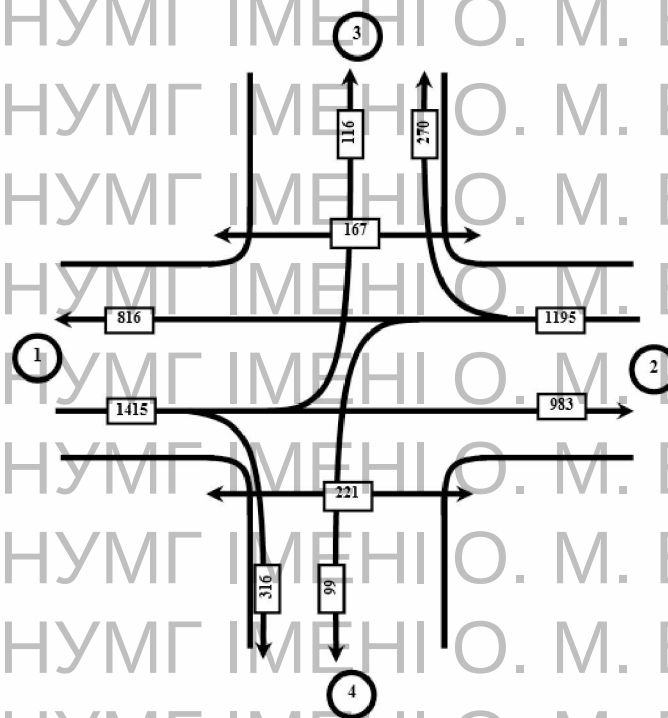


Рисунок 3.2 – Перша фаза регулювання

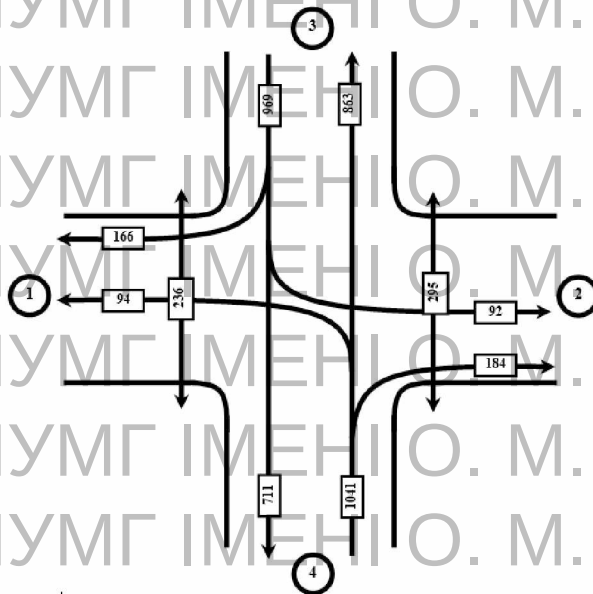


Рисунок 3.3 – Друга фаза регулювання

Після формування схеми пофазної організації руху наступним етапом є визначення раціональних параметрів світлофорного регулювання на досліджуваному перехресті. Для цього виконуються розрахунки тривалості окремих фаз, проміжних тактів і загального циклу світлофорного регулювання з урахуванням інтенсивності транспортних і пішохідних потоків, конфігурації перехрестя та прийнятої схеми пофазного роз'їзду. Встановлення оптимальних параметрів роботи світлофорного об'єкта спрямоване на підвищення пропускну здатності перехрестя, зменшення затримок транспортних засобів і забезпечення належного рівня безпеки дорожнього руху.

3.3 Визначення параметрів світлофорного регулювання

Проводимо розрахунок потоку насичення:

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

$B_{пч}$ – ширина дороги, м;

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

Коефіцієнт зменшення потоку насичення 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, %.

$$M_{H1(1-2, 1-3, 1-4)} = 525 \cdot 6,2 \cdot (100 / (69,5 + 1,75 \cdot 8,2 + 1,25 \cdot 22,3)) = 2913 \text{ авт./год.}$$

$$M_{H1(2-1, 2-3, 2-4)} = 525 \cdot 6,2 \cdot (100 / (69,1 + 1,75 \cdot 8,3 + 1,25 \cdot 22,6)) = 2910 \text{ авт./год.}$$

$$M_{H2(3-1, 3-2, 3-4)} = 525 \cdot 6,2 \cdot (100 / (73,4 + 1,75 \cdot 9,5 + 1,25 \cdot 17,1)) = 2922 \text{ авт./год.}$$

$$M_{H2(4-1, 4-2, 4-3)} = 525 \cdot 6,2 \cdot (100 / (73,3 + 1,75 \cdot 9,0 + 1,25 \cdot 17,7)) = 2927 \text{ авт./год.}$$

Фазові коефіцієнти розраховуємо по формулі:

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

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

$$Y_{1(1-2, 1-3, 1-4)} = 1415/2913 = 0,486.$$

$$Y_{1(2-1, 2-3, 2-4)} = 1195/2910 = 0,411.$$

$$Y_{2(3-1, 3-2, 3-4)} = 969/2922 = 0,332.$$

$$Y_{2(4-1, 4-2, 4-3)} = 1041/2927 = 0,356.$$

Визначаємо розрахункові фазові коефіцієнти як максимальні у кожній фазі. Для першої приймаємо 0,486, для другої - 0,356.

Дані заносимо до табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Фазові коефіцієнти

Фаза	1		2	
Підхід до перехрестя	1	2	3	4
Інтенсивність потоку, авт./год	1415	1195	969	1041
Потік насичення, авт./год	2913	2910	2922	2927
Фазові коефіцієнти	0,486	0,411	0,332	0,356
Розрахункові фазові коефіцієнти	0,486		0,356	

Розраховуємо проміжні такти:

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

де V_a – швидкість руху автомобіля, км/год;

a_i – середнє сповільнення, м/с²;

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

l_a – середня довжина автомобіля, м.

Тривалість проміжного такту:

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

Тривалість циклу регулювання:

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

де T_n – сума проміжних тактів, с;

Y – сума фазових коефіцієнтів.

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

де k – кількість фаз у циклі.

$$T_n = 4 + 4 = 8 \text{ с.}$$

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

$$Y = 0,486 + 0,356 = 0,841.$$

$$T_u = \frac{1,5 \cdot 8 + 5}{1 - 0,841} = 107 \text{ с.}$$

Розраховуємо час перетину дороги пішоходами:

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

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

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

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

Тривалість основних тактів:

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

$$t_{o1} = \frac{(107 - 0,841)}{0,841} = 57 \text{ с.}$$

$$t_{o2} = \frac{(107 - 0,841)}{0,841} = 42 \text{ с.}$$

Визначаємо середню затримку:

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

де $t_{\Delta Pj}$ – середня затримка автомобілів 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 часу основного такту до циклу

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

$$\lambda_1 = 57/107 = 0,533; \quad \lambda_2 = 42/107 = 0,393.$$

Розраховуємо ступінь насичення:

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

$$X_{1(1-2, 1-3, 1-4)} = \frac{1415 \cdot 10}{2913 \cdot 57} = 0,912.$$

$$X_{1(2-1, 2-3, 2-4)} = \frac{1195 \cdot 10}{2910 \cdot 57} = 0,771.$$

$$X_{2(3-1, 3-2, 3-4)} = \frac{969 \cdot 107}{2922 \cdot 42} = 0,845.$$

$$X_{2(4-1, 4-2, 4-3)} = \frac{1041 \cdot 10}{2927 \cdot 42} = 0,906.$$

Середня затримка автомобілів для напрямків 1-2, 1-3 та 1-4:

$$t_{\Delta Pj(1-2,1-3,1-4)} = 0,9 \cdot \left[\frac{107 \cdot (1 - 0,533)^2}{2 \cdot (1 - 0,533 \cdot 0,912)} + \frac{0,912^2}{2 \cdot 1415 \cdot (1 - 0,912)} \right] = 20,45 \text{ с.}$$

Результати розрахунку середніх затримок для інших напрямків представлено у табл. 3.2.

Середня затримка по перехрестю:

$$\bar{t}_{\Delta P}^{**} = \frac{20,45 \cdot 1415 + 17,84 \cdot 1195 + 26,59 \cdot 969 + 27,58 \cdot 1041}{1415 + 1195 + 969 + 1041} = 22,67 \text{ с.}$$

З метою порівняння показників функціонування перехрестя розрахунк основних параметрів виконується не лише для запропонованого, а й для існуючого режиму світлофорного регулювання. Результати розрахунків для діючих параметрів циклу наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.2 – Параметри циклу та затримки руху (запропонований цикл)

Номер фази	1		2	
Номер підходу	1	2	3	4
Час основного такту, с	57		42	
Час проміжного такту, с	4		4	
Час циклу регулювання, с	107			
Потік насичення, авт./год	2913	2910	2922	2927
Інтенсивність руху, авт/год	1415	1195	969	1041
Відношення часу основного такту до часу світлофорного циклу	0,533	0,533	0,393	0,393
Ступінь насичення	0,912	0,771	0,845	0,906
Затримка автомобілів за напрямками руху, с.	20,45	17,84	26,59	27,58
Середня затримка на перехресті, с	22,67			

Таблиця 3.3 – Параметри циклу та затримки руху (існуючий цикл)

Номер фази	1		2	
Номер підходу	1	2	3	4
Час основного такту, с	65		43	
Час проміжного такту, с	4		4	
Час циклу регулювання, с	116			
Потік насичення, авт./год	2913	2910	2922	2927
Інтенсивність руху, авт/год	1415	1195	969	1041
Відношення часу основного такту до часу світлофорного циклу	0,560	0,560	0,371	0,371
Ступінь насичення	0,867	0,733	0,895	0,959
Затримка автомобілів за напрямками руху, с.	19,62	17,12	30,93	32,09
Середня затримка на перехресті, с	24,16			

Розраховуємо зміну затримки:

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

$$\Delta \bar{t} = 24,16 - 22,67 = 1,49 \text{ с.}$$

Результати проведених розрахунків свідчать, що впровадження запропонованих параметрів циклу світлофорного регулювання забезпечує підвищення ефективності функціонування досліджуваного перехрестя.

Зокрема, середня затримка транспортних засобів на перехресті зменшується на 1,49 с порівняно з існуючим режимом регулювання. Це підтверджує доцільність запропонованих змін, оскільки скорочення затримок сприяє підвищенню пропускної спроможності перехрестя, покращенню умов руху та зниженню непродуктивних витрат часу учасників дорожнього руху.

3.4 Висновки по розділу

1. Виконано розроблення заходів з удосконалення організації дорожнього руху на перехресті, розташованому на досліджуваному автобусному маршруті. Розроблено схему розміщення технічних засобів організації дорожнього руху, яка передбачає встановлення необхідних дорожніх знаків, світлофорних об'єктів та нанесення дорожньої розмітки відповідно до вимог чинних нормативних документів. Запропоновані технічні рішення спрямовані на підвищення рівня безпеки руху, покращення умов проїзду транспортних засобів і впорядкування руху пішоходів.

2. На підставі аналізу інтенсивності транспортних потоків сформовано схему пофазного роз'їзду транспортних засобів. Встановлено, що інтенсивність лівоповоротних потоків не перевищує 120 авт./год, тому для регулювання руху доцільно застосувати двофазний режим світлофорного регулювання, який забезпечує безпечний пропуск транспортних і пішохідних потоків без необхідності виділення окремої фази для виконання лівих поворотів.

3. У результаті розрахунків визначено основні параметри світлофорного регулювання: потоки насичення, фазові коефіцієнти, тривалість проміжних та основних тактів, а також раціональну тривалість циклу світлофорного регулювання, яка становить 107 с. Виконано оцінювання ступеня насичення транспортних потоків та визначено середню затримку автомобілів на перехресті, яка для запропонованого режиму становить 22,67 с.

4. Порівняння запропонованого режиму роботи світлофорного об'єкта з існуючим показало його вищу ефективність. Упровадження розрахованих параметрів циклу світлофорного регулювання дозволяє зменшити середню затримку транспортних засобів на перехресті з 24,16 с до 22,67 с, тобто на 1,49 с. Отримані результати підтверджують доцільність запропонованих

заходів, оскільки вони забезпечують підвищення пропускнуєї спроможності перехрестя, покращують умови руху транспортних засобів та сприяють більш ефективній організації дорожнього руху на маршруті міського пасажирського транспорту.

ВИСНОВКИ

1. Виконано аналіз пасажиропотоків на досліджуваному автобусному маршруті та визначено основні техніко-експлуатаційні характеристики його функціонування. За результатами розрахунків встановлено, що максимальний пасажиропотік становить 297 пас./год, загальний обсяг перевезень – 720 пасажирів, а транспортна робота – 3286,4 пас.-км.

2. На основі величини пасажиропотоку обґрунтовано доцільність використання автобусів малого класу. Проведене техніко-економічне порівняння автобусів 3A3 A08A1B та DONGFENG EQLT3 показало, що найбільш економічно ефективним є автобус 3A3 A08A1B, оскільки його експлуатаційні витрати становлять 1544,23 грн/год, що є меншим порівняно з альтернативним варіантом.

3. У процесі розрахунків визначено основні параметри організації перевезень: необхідна кількість автобусів на маршруті становить 6 одиниць, час оберту – 48 хв, а плановий інтервал руху – 8 хв. Також розраховано показники використання місткості автобусів і коефіцієнти змінюваності пасажирів, які свідчать про достатньо ефективне використання рухомого складу за прийнятих умов експлуатації.

4. Крім того, виконано прогнозування обсягів перевезень, результати якого засвідчили очікуване зростання річного пасажиропотоку у 2026 році до 2 022 362 пасажирів, що на 0,85 % більше порівняно з попереднім роком. Отримані результати є основою для подальшого розроблення раціонального розкладу руху автобусів та вдосконалення організації перевезень на досліджуваному маршруті.

5. Виконано розроблення розкладу руху автобусів для міського маршруту з урахуванням нерівномірності зміни пасажиропотоків протягом доби. На основі максимального пасажиропотоку визначено інтенсивність

перевезень у кожному часовому періоді, розраховано необхідну кількість автобусів, а також виконано її коригування відповідно до встановлених мінімальних і максимальних значень. За результатами розрахунків встановлено, що для забезпечення перевезень на маршруті необхідно використовувати від 3 до 6 автобусів, а інтервали руху повинні змінюватися в межах від 8 до 16 хв, що забезпечує відповідність транспортної пропозиції фактичному попиту на перевезення.

6. На основі визначених параметрів роботи маршруту розроблено графік праці водіїв і автобусів. Оцінювання його ефективності показало, що коефіцієнт ефективності становить 0,959, що відповідає нормативним вимогам та свідчить про раціональне використання рухомого складу і робочого часу водіїв. Це підтверджує можливість застосування побудованого графіка як основи для подальшої організації перевізного процесу.

7. Відповідно до розрахованих інтервалів руху побудовано стрічковий графік роботи автобусів та сформовано маршрутний розклад руху, який визначає час відправлення і прибуття автобусів на кожному рейсі. Крім того, визначено час виїзду автобусів з автотранспортного підприємства, їх повернення після завершення роботи, тривалість перебування в наряді, час відстою та кількість виконаних обертів для кожного випуску. Отримані результати забезпечують рівномірну організацію роботи маршруту, дотримання режимів праці та відпочинку водіїв і створюють необхідні умови для стабільного та якісного транспортного обслуговування пасажирів.

8. Виконано розроблення заходів з удосконалення організації дорожнього руху на перехресті, розташованому на досліджуваному автобусному маршруті. Розроблено схему розміщення технічних засобів організації дорожнього руху, яка передбачає встановлення необхідних дорожніх знаків, світлофорних об'єктів та нанесення дорожньої розмітки відповідно до вимог чинних нормативних документів. Запропоновані

технічні рішення спрямовані на підвищення рівня безпеки руху, покращення умов проїзду транспортних засобів і впорядкування руху пішоходів.

9. На підставі аналізу інтенсивності транспортних потоків сформовано схему пофазного роз'їзду транспортних засобів. Встановлено, що інтенсивність лівоповоротних потоків не перевищує 120 авт./год, тому для регулювання руху доцільно застосувати двофазний режим світлофорного регулювання, який забезпечує безпечний пропуск транспортних і пішохідних потоків без необхідності виділення окремої фази для виконання лівих поворотів.

10. У результаті розрахунків визначено основні параметри світлофорного регулювання: потоки насичення, фазові коефіцієнти, тривалість проміжних та основних тактів, а також раціональну тривалість циклу світлофорного регулювання, яка становить 107 с. Виконано оцінювання ступеня насичення транспортних потоків та визначено середню затримку автомобілів на перехресті, яка для запропонованого режиму становить 22,67 с.

11. Порівняння запропонованого режиму роботи світлофорного об'єкта з існуючим показало його вищу ефективність. Упровадження розрахованих параметрів циклу світлофорного регулювання дозволяє зменшити середню затримку транспортних засобів на перехресті з 24,16 с до 22,67 с, тобто на 1,49 с. Отримані результати підтверджують доцільність запропонованих заходів, оскільки вони забезпечують підвищення пропускної спроможності перехрестя, покращують умови руху транспортних засобів та сприяють більш ефективній організації дорожнього руху на маршруті міського пасажирського транспорту.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

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