

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 4952 пасажирів**

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

Сухомлин М. О.

Керівник Понкратов Д. П.

Рецензент Копитков Д. М.

Харків – 2026 року

Харківський національний університет міського господарства
імені О. М. Бекетова

Факультет Навчально-науковий інститут енергетичної, інформаційної та транспортної інфраструктури

Кафедра Транспортних систем і логістики

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр

Спеціальність 275 Транспортні технології (за видами)
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

к.т.н., проф. Куш Є. І.

« » « » 2026 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Сухомигину Максиму Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Проектування організації перевезень на міському автобусному маршруті з добовим обсягом перевезень 4952 пасажирів

керівник кваліфікаційної роботи Понкратов Денис Павлович, д.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 22.05.2026 року № 440-03

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 10.06.26

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи у додатку до завдання на кваліфікаційну роботу

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Вибір параметрів організації перевезень 2. Розробка розкладу руху

3. Організація дорожнього руху на перехресті маршруту

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Епюра пасажиропотоку. Діаграма зміни обсягу перевезень. Діаграма зміни кількості автобусів. Графік руху автобусів. Схема організації дорожнього руху на перехресті. Схема пофазного роз'їзду

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Перевірка роботи на наявність ознак академічного плагіату	інженер каф. ТСП Толмачов І. О.		

7. Дата видачі завдання 22.05.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1.	Вибір параметрів організації перевезень	22.05.26 – 30.05.26	
2.	Розробка розкладу руху	31.05.26 – 5.06.26	
3.	Організація дорожнього руху на перехресті маршруту	6.06.26 – 10.06.26	

Студент

(підпис)

Сухомлин М. О.

(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	245	0	10	157	0
2	42	14	9	22	8
3	38	23	8	31	17
4	36	28	7	24	16
5	27	31	6	29	21
6	22	33	5	20	24
7	19	40	4	17	33
8	10	42	3	15	35
9	6	54	2	5	42
10	0	180	1	0	124

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	0,79	0,95	0,97	0,99	0,98	0,96	1,05	0,75	1,06

Таблиця 3 - Параметри маршруту

Показники	Значення
Експлуатаційна швидкість, км/год	20
Технічна швидкість, км/год	29
Відстань нульового пробігу, км	3,5
Максимально допустимий інтервал руку, хв.	20
Коефіцієнт дефіциту транспортних засобів	1

Таблиця 4 - Зміна обсягу перевезень пасажирів на маршруті

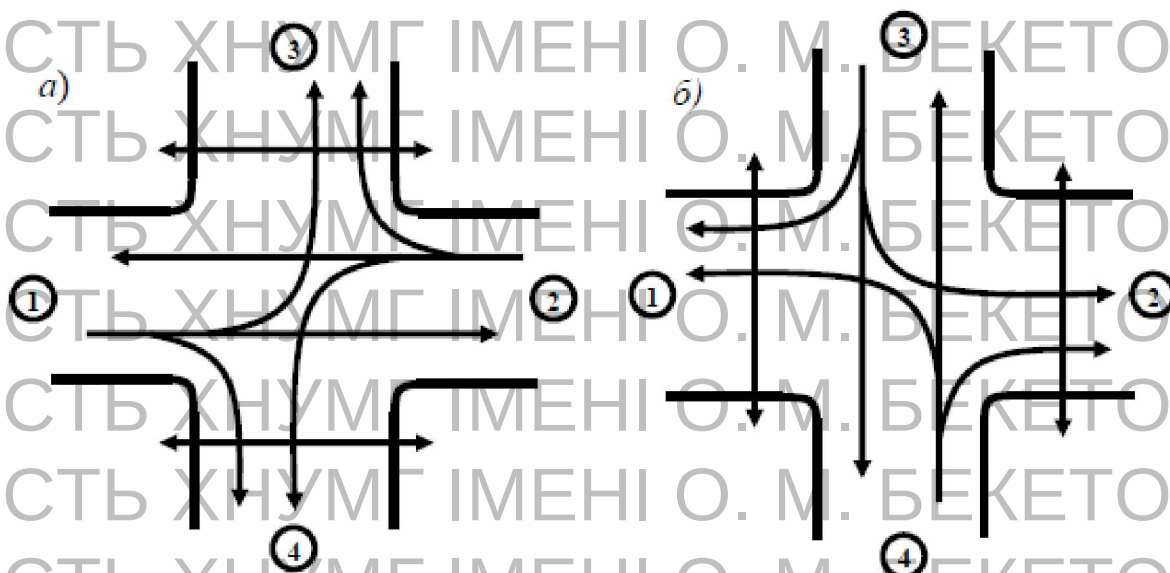
Місяць	Зміна обсягу перевезень пасажирів на маршруті, пас.		
	2023	2024	2025
Січень	156368	173901	193983
Лютий	156672	157807	149733
Березень	148937	166719	176247
Квітень	162587	158194	172672
Травень	165013	170493	166209
Червень	161070	181974	195785
Липень	149847	152022	155169
Серпень	138927	148445	166051
Вересень	162890	184030	178639
Жовтень	162890	154480	159609
Листопад	155610	170634	169723
Грудень	256185	248881	261281

Таблиця 5 - Коефіцієнти добової нерівномірності пасажиропотоку

Години доби	6 ⁰⁰ -7 ⁰⁰	7 ⁰⁰ -8 ⁰⁰	8 ⁰⁰ -9 ⁰⁰	9 ⁰⁰ -10 ⁰⁰	10 ⁰⁰ -11 ⁰⁰	11 ⁰⁰ -12 ⁰⁰	12 ⁰⁰ -13 ⁰⁰	13 ⁰⁰ -14 ⁰⁰	14 ⁰⁰ -15 ⁰⁰	15 ⁰⁰ -16 ⁰⁰	16 ⁰⁰ -17 ⁰⁰	17 ⁰⁰ -18 ⁰⁰	18 ⁰⁰ -19 ⁰⁰	19 ⁰⁰ -20 ⁰⁰	20 ⁰⁰ -21 ⁰⁰	21 ⁰⁰ -22 ⁰⁰	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰	23 ⁰⁰ -00 ⁰⁰
Коефіцієнт нерівномірності	0,43	0,92	1	0,87	0,52	0,39	0,38	0,41	0,65	0,77	0,92	0,8	0,69	0,51	0,38	0,22	0,17	0,11

Таблиця 6 – Характеристики дорожнього руху на перехресті

Номер підходу до перехрестя	1			2		
Кількість смуг руху, од.	2			2		
Ширина першої смуги руху (другої), м	3,5 (3,3)			3,5 (3,3)		
Напрямок руху	1-2	1-3	1-4	2-1	2-4	2-3
Інтенсивність руху, авт./год	936	97	216	1023	102	259
Інтенсивність пішохідних потоків, пас./год	225			234		
Номер підходу до перехрестя	3			4		
Кількість смуг руху, од.	2			2		
Ширина першої смуги руху (другої), м	3,5 (3,3)			3,5 (3,3)		
Напрямок руху	3-4	3-2	3-1	4-3	4-1	4-2
Інтенсивність руху, авт./год	832	79	163	902	85	207
Інтенсивність пішохідних потоків, пас./год	189			176		

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	45	40
Час проміжного такту, с	4	4
Час циклу, с	93	

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота налічує 68 сторінок пояснювальної записки, 10 ілюстрацій, 12 таблиць, 13 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: автобусний маршрут з добовим обсягом 4952 пасажирів.

Метою роботи є розробка заходів з організації перевезень на автобусний маршрут з добовим обсягом 4952 пасажирів.

Метод дослідження: аналітичний.

У роботі обгрунтовано вибір автобуса ЗАЗ А08 для роботи на маршруті. Складено маршрутний розклад, який забезпечує раціональне використання рухомого складу й дотримання нормативних режимів праці водіїв. Розроблено схему організації дорожнього руху на перехресті маршруту із застосуванням двофазного світлофорного регулювання та визначено оптимальні параметри світлофорного циклу. Оцінювання ефективності запропонованих заходів показало, що впровадження нових параметрів світлофорного регулювання дозволяє зменшити середню затримку транспортних засобів на перехресті на 1,80 с.

Рекомендації щодо впровадження: результати можуть бути застосовані під час удосконалення міських пасажирських перевезень.

МАРШРУТ, ПАСАЖИРОПОТІК, ТРАНСПОРТНА РОБОТА, РОЗКЛАД
РУХУ, СВІТЛОФОРНЕ РЕГУЛЮВАННЯ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
Розділ 1 ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ.....	10
1.1 Методи та завдання організації перевезень пасажирів.....	10
1.2 Розрахунок пасажиропотоку на перегонах маршруту.....	23
1.3 Обрання марки автобусу.....	27
1.4 Розрахунок техніко-експлуатаційних показників перевезень.....	33
1.5 Прогноз перспективних обсягів перевезень.....	36
1.6 Висновки по розділу.....	39
Розділ 2 РОЗРОБКА РОЗКЛАДУ РУХУ.....	40
2.1 Визначення потрібної кількості автобусів.....	40
2.2 Побудова графіку роботи водіїв і автобусів.....	44
2.3 Складання маршрутного розкладу.....	46
2.4 Висновки по розділу.....	51
Розділ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ МАРШРУТУ.....	53
3.1 Розробка схеми організації руху.....	53
3.2 Визначення параметрів світлофорного регулювання.....	56
3.3 Висновки по розділу.....	63
ВИСНОВКИ.....	64
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	67

					ННІЕІТІ ТСЛ ТТ 2022-2 ТТ XXX...Х ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка		
Розроб.		Сухомлин М.О.					
Перевір.		Понкратов Д.П.					
Н. контр.		Бурко Д.Л.					
Затв.		Куш Є.І.					
					Літера	Аркуш	Аркушів
					д н у	8	68
					ХНУМГ		

ВСТУП

Міський пасажирський транспорт є невід'ємною складовою транспортної системи сучасного міста. Від ефективності організації міських пасажирських перевезень значною мірою залежить рівень транспортної доступності, якість життя населення, функціонування міської економіки та екологічний стан урбанізованого середовища.

Разом із тим функціонування системи міських пасажирських перевезень супроводжується низкою проблем, які знижують ефективність роботи громадського транспорту. Однією з основних є невідповідність маршрутної мережі сучасній структурі міста та фактичному розподілу пасажиропотоків. Це призводить до перевантаження окремих маршрутів, недостатнього транспортного обслуговування окремих районів, збільшення кількості пересадок і часу пересування пасажирів.

Суттєвою проблемою є нерівномірність пасажиропотоків протягом доби, що у години «пік» спричиняє переповнення транспортних засобів, а в міжпікові періоди недостатнє використання їх пасажиромісткості. Додатковими чинниками, які негативно впливають на якість перевезень, є зношеність значної частини рухомого складу, транспортні затори, недостатня пропускна спроможність вулично-дорожньої мережі, недосконала організація дорожнього руху та відсутність належного пріоритету для громадського транспорту.

Вирішення зазначених проблем потребує комплексного підходу, що включає вдосконалення маршрутної мережі, обґрунтований вибір типу та кількості транспортних засобів, розробку раціональних розкладів руху, підвищення ефективності організації дорожнього руху та застосування сучасних методів управління перевізним процесом.

РОЗДІЛ 1

ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

1.1 Методи та завдання організації перевезень пасажирів

Під час організації перевезень виконують комплекс взаємопов'язаних заходів, спрямованих на забезпечення ефективного, безпечного та якісного транспортного обслуговування населення. Послідовне виконання цих етапів дозволяє сформувати раціональну систему перевезень, що відповідає вимогам пасажирів щодо якості транспортного обслуговування та вимогам економічної ефективності перевізника. Серед основних етапів організації перевезень слід виділити наступні [1-11]: розробка маршрутної мережі; вибір типу та кількості транспортних засобів для роботи на маршрутах; розробка розкладу руху маршрутних транспортних засобів; організація дорожнього руху вздовж траси маршрутів.

Для оцінювання ефективності проєктних рішень, що приймаються на кожному етапі організації пасажирських перевезень, використовують систему відповідних критеріїв та показників ефективності. Їх застосування дає змогу здійснити комплексний аналіз запропонованих заходів, визначити ступінь досягнення поставлених цілей, оцінити рівень якості транспортного обслуговування населення, економічну доцільність реалізації проєктних рішень, а також їх вплив на безпеку та організацію дорожнього руху. Вибір критеріїв залежить від етапу проєктування та специфіки поставлених завдань, оскільки кожне рішення має оцінюватися за показниками, що найбільш повно характеризують його результативність [1-11].

Основні критерії ефективності, які застосовуються на різних етапах проєктування організації перевезень, наведено на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – Схема методів та завдань організації перевезень пасажирів

Якість транспортного обслуговування населення значною мірою визначається рівнем розвитку та раціональністю побудови маршрутної мережі міського пасажирського транспорту. Саме від її структури залежить зручність пересування пасажирів, доступність об'єктів транспортного тягіння, ефективність взаємодії різних видів громадського транспорту та можливість організації швидких і комфортних пересувань. Раціонально сформована маршрутна мережа забезпечує належний рівень транспортної доступності всіх районів міста, сприяє скороченню витрат часу на пересування, підвищенню привабливості громадського транспорту та зменшенню завантаженості вулично-дорожньої мережі міст потоками легкового транспорту [4, 7, 10].

Під час проєктування міської маршрутної мережі необхідно враховувати особливості розселення населення, розміщення місць прикладання праці, навчальних закладів, об'єктів соціальної та комерційної інфраструктури, а також величину й напрямки пасажиропотоків. При цьому маршрутна мережа повинна відповідати низці вимог, що забезпечують її ефективне функціонування та високий рівень транспортного обслуговування населення. До таких вимог відносять наступні [4, 6, 10]:

- забезпечення мінімальної кількості пересадок пасажирів під час здійснення пересувань, що підвищує комфортність перевезень і зменшує загальну тривалість пересування;
- мінімізація сукупних витрат часу пасажирів, включаючи час підходу до зупинки, очікування транспортного засобу, поїздки та, за необхідності, виконання пересадок;
- забезпечення ефективного використання рухомого складу шляхом максимально рівномірного розподілу пасажиропотоків між маршрутами та зменшення нерівномірності заповнення транспортних засобів на окремих ділянках маршрутної мережі;

- досягнення високої транспортної доступності житлових районів, виробничих зон, центрів ділової активності та об'єктів соціального призначення;
- забезпечення узгодженої роботи різних видів міського пасажирського транспорту, що створює умови для ефективного функціонування мультимодальної транспортної системи;
- створення умов для економічно доцільної експлуатації маршрутів за одночасного забезпечення необхідного рівня якості транспортного обслуговування населення.

Такий підхід до формування маршрутної мережі дозволяє досягти балансу між інтересами пасажирів, перевізників і органів місцевого самоврядування, забезпечуючи високу ефективність функціонування системи міських пасажирських перевезень, зменшення експлуатаційних витрат та підвищення конкурентоспроможності громадського транспорту порівняно з індивідуальним автомобільним транспортом [4].

У практиці транспортного планування використовують систему технічних, експлуатаційних, економічних та соціальних показників, які дозволяють комплексно оцінити ефективність функціонування маршрутної мережі. До основних показників транспортної доступності належать середня відстань пішохідного підходу до найближчого зупиночного пункту, рівень охоплення території міста маршрутною мережею, коефіцієнт транспортної доступності та частка населення, що проживає в нормативній зоні доступності до зупинок громадського транспорту. Зменшення середньої відстані руху до зупинки сприяє підвищенню привабливості громадського транспорту та збільшенню його конкурентоспроможності відносно індивідуального автомобільного транспорту [2, 4, 8].

Важливу роль відіграють показники, що характеризують якість транспортного обслуговування пасажирів. До них належать середній час очікування транспортного засобу, середній час поїздки, загальні витрати часу

на пересування, кількість пересадок під час здійснення поїздки, регулярність руху та дотримання розкладу. Саме ці показники безпосередньо впливають на рівень задоволеності пасажирів транспортним обслуговуванням [4, 5, 8].

Одним із найважливіших критеріїв ефективності маршрутної мережі є величина транспортної рухливості населення та рівень задоволення транспортного попиту. Недостатня провізна спроможність окремих маршрутів призводить до переповнення транспортних засобів, збільшення часу очікування та погіршення комфортності перевезень, тоді як надлишкова провізна спроможність зумовлює неефективне використання рухомого складу й зростання експлуатаційних витрат [4].

До експлуатаційних показників належать довжина маршрутів, середня довжина перегону, експлуатаційна швидкість руху, тривалість оборотного рейсу, інтервал руху, кількість транспортних засобів на маршруті, коефіцієнт використання пробігу та коефіцієнт використання пасажиромісткості. Дані показники характеризують раціональність організації роботи маршрутів та ефективність використання рухомого складу [4].

Особливе значення має оцінювання рівня використання пасажиромісткості транспортних засобів. Для цього застосовують коефіцієнти статичного та динамічного використання пасажиромісткості, середній рівень заповнення автобусів, максимальну щільність пасажирів у салоні, а також коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоків. Раціональне використання пасажиромісткості дозволяє одночасно забезпечити комфортні умови перевезень і мінімізувати експлуатаційні витрати перевізника [4, 9].

Економічна ефективність функціонування маршрутної мережі оцінюється за допомогою показників експлуатаційних витрат, собівартості перевезень, продуктивності транспортних засобів, доходів від перевезень, економічного ефекту від впровадження організаційних заходів та інтегральних витрат транспортної системи. У сучасних дослідженнях дедалі частіше використовується комплексний критерій, який враховує одночасно

витрати перевізника та витрати часу пасажирів, що дозволяє знаходити компромісні рішення під час оптимізації маршрутної мережі [4, 6].

Під час оцінювання ефективності маршрутної мережі доцільно також враховувати показники безпеки дорожнього руху, екологічного впливу транспорту, рівня транспортної доступності маломобільних груп населення та інтеграції різних видів міського транспорту. У сучасних концепціях сталої мобільності дедалі більшого значення набувають показники екологічності перевезень, енергоефективності, скорочення викидів забруднюючих речовин і забезпечення безбар'єрного середовища [2, 4, 6, 11].

Таким чином, оцінювання ефективності функціонування маршрутної мережі повинно здійснюватися на основі комплексної системи показників, що охоплює транспортні, експлуатаційні, економічні, соціальні та екологічні аспекти функціонування міського пасажирського транспорту. Комплексний підхід дозволяє об'єктивно оцінити якість організації перевезень, визначити резерви підвищення ефективності роботи маршрутної мережі та обґрунтувати напрями її подальшого вдосконалення відповідно до сучасних вимог розвитку міської транспортної системи.

Вибір транспортних засобів є одним із найважливіших етапів проєктування системи міських пасажирських перевезень, оскільки саме від правильності його виконання залежать якість транспортного обслуговування населення, рівень комфорту пасажирів, економічна ефективність експлуатації маршрутів та екологічна безпека міського середовища. Рационально підібраний рухомий склад повинен забезпечувати відповідність між провізною спроможністю маршруту та фактичними обсягами пасажирських перевезень, мінімізувати експлуатаційні витрати перевізника [3, 4, 6, 9].

Основою вибору типу транспортного засобу є результати дослідження пасажиропотоків, які дозволяють визначити величину транспортного попиту, його нерівномірність за годинами доби, днями тижня та окремими ділянками маршруту. Максимальний пасажиропотік у години «пік» визначає необхідну

провізну спроможність маршруту, тоді як середньодобові обсяги перевезень використовуються для оцінювання ефективності використання рухомого складу протягом усього періоду експлуатації [3, 4, 6, 9].

Під час вибору транспортних засобів необхідно враховувати не лише характеристики пасажиропотоків, але й особливості вулично-дорожньої мережі. До основних факторів належать ширина проїзної частини, радіуси заокруглення на перехрестях, поздовжні ухили, стан дорожнього покриття, наявність виділених смуг для громадського транспорту, умови виконання маневрів на кінцевих зупинках та інтенсивність дорожнього руху. У центральних районах міст або на маршрутах зі складними умовами руху доцільним є використання транспортних засобів меншої довжини, тоді як на магістральних напрямках із високими пасажиропотоками перевагу надають автобусам великої або особливо великої місткості [3, 4].

Одним із головних критеріїв вибору рухомого складу є його пасажиромісткість. Вона повинна забезпечувати перевезення прогнозованого пасажиропотоку без перевищення нормативного рівня заповнення салону. Використання автобусів недостатньої місткості призводить до їх переповнення, зниження комфортності поїздок, збільшення часу посадки та висадки пасажирів і погіршення регулярності руху. Водночас застосування транспортних засобів надмірної місткості за низьких пасажиропотоків зумовлює неефективне використання рухомого складу, підвищення витрат пального, збільшення експлуатаційних витрат і зниження економічної ефективності перевезень [9].

Суттєве значення мають технічні характеристики транспортних засобів. До них належать максимальна та експлуатаційна швидкість, динамічні властивості, маневреність, надійність, ресурс основних агрегатів, паливна економічність, екологічний клас двигуна, рівень шуму та викидів забруднюючих речовин. У сучасних умовах дедалі більшої актуальності набуває використання автобусів із низьким рівнем енергоспоживання,

електробусів, гібридних транспортних засобів і автобусів, що працюють на альтернативних видах палива [6].

Важливим аспектом вибору є забезпечення доступності транспортних послуг для всіх категорій населення. Сучасний міський автобус повинен відповідати принципам безбар'єрності та універсального дизайну, що передбачає наявність низької підлоги або відкидної апарелі, спеціально обладнаних місць для осіб з інвалідністю, пасажирів із дитячими візками та інших маломобільних груп населення. Крім того, транспортні засоби повинні бути оснащені сучасними інформаційними системами, кондиціонуванням, системами відеоспостереження, електронною оплатою проїзду та засобами оперативного інформування пасажирів [11].

При виборі рухомого складу також враховують економічні показники його експлуатації. До них належать первісна вартість транспортного засобу, витрати на технічне обслуговування і ремонт, витрати пального, термін служби, залишкова вартість, потреба у запасних частинах та експлуатаційна надійність. Оптимальним є транспортний засіб, який забезпечує мінімальні сукупні витрати протягом життєвого циклу за одночасного дотримання встановлених вимог до якості транспортного обслуговування [3].

Під час проектування міських автобусних маршрутів рухомий склад доцільно обирати з урахуванням класифікації автобусів за пасажиромісткістю. Залежно від величини пасажиропотоків можуть використовуватися автобуси малого, середнього, великого та особливо великого класів. Для маршрутів із незначними пасажиропотоками доцільним є використання автобусів малого класу, тоді як на магістральних маршрутах із високою інтенсивністю перевезень найбільш ефективними є автобуси великої або особливо великої пасажиромісткості [9].

Остаточний вибір транспортних засобів здійснюється на основі техніко-економічного порівняння можливих варіантів. При цьому оцінюють відповідність провізної спроможності прогнозованому транспортному

попиту, рівень використання пасажиромісткості, експлуатаційні витрати, продуктивність рухомого складу, вплив на довкілля, якість транспортного обслуговування та загальну економічну ефективність функціонування маршруту. Комплексне врахування зазначених факторів дозволяє обґрунтувати вибір найбільш раціонального типу транспортного засобу для конкретних умов експлуатації [3, 6].

Розробка розкладу руху є одним із ключових етапів організації міських пасажирських перевезень, оскільки саме розклад визначає порядок роботи транспортних засобів на маршрутах, забезпечує відповідність пропозиції транспортних послуг реальному пасажирському попиту та створює умови для регулярного й безперебійного транспортного обслуговування населення. Раціонально складений розклад руху сприяє скороченню часу очікування транспортних засобів, підвищенню рівня комфортності перевезень, ефективному використанню рухомого складу та зменшенню експлуатаційних витрат перевізника [1, 3, 4].

Основою розроблення розкладу є результати дослідження пасажиропотоків, які характеризують закономірності зміни транспортного попиту протягом доби, тижня та року. У міських умовах попит на перевезення має нерівномірний характер і значною мірою залежить від режиму роботи підприємств, навчальних закладів, адміністративних установ та об'єктів сфери обслуговування. Тому при складанні розкладу особлива увага приділяється забезпеченню необхідної провізної спроможності маршрутів у години максимального навантаження та раціональному використанню транспортних засобів у міжпикові періоди [1, 3, 4].

Під час розроблення розкладу руху визначають основні експлуатаційні параметри функціонування маршруту, до яких належать тривалість оборотного рейсу, час руху між зупиночними пунктами, технологічні простої на кінцевих зупинках, кількість транспортних засобів, необхідних для обслуговування маршруту, а також інтервали руху в різні періоди доби. Ці

параметри повинні забезпечувати безперервність транспортного процесу, дотримання встановленого режиму праці водіїв і нормативних вимог щодо організації перевезень [1, 3, 4].

Одним із головних завдань під час складання розкладу є визначення оптимального інтервалу руху транспортних засобів. З одного боку, скорочення інтервалів дозволяє зменшити час очікування пасажирів і підвищити якість транспортного обслуговування. З іншого боку, надмірне збільшення кількості транспортних засобів на маршруті призводить до зростання експлуатаційних витрат, погіршення використання пасажиромісткості автобусів та виникнення нерівномірності руху. Тому інтервали повинні визначатися з урахуванням величини пасажиропотоків, провізної спроможності транспортних засобів, довжини маршруту та умов дорожнього руху [1, 3, 4].

Під час проєктування розкладу необхідно забезпечити максимально рівномірний випуск транспортних засобів на лінію, що дозволяє підтримувати стабільні інтервали руху та уникати скупчення автобусів. Особливого значення це набуває на маршрутах із високою інтенсивністю перевезень, де навіть незначні відхилення від розкладу можуть призвести до порушення регулярності руху та зниження якості транспортного обслуговування [1, 3, 4].

Важливим етапом є побудова графіка руху транспортних засобів. Графік відображає час прибуття та відправлення автобусів із зупиночних пунктів, дозволяє визначити моменти роз'їзду транспортних засобів на маршруті, організувати зміну водіїв, виконання технологічних перерв і контроль за дотриманням встановленого режиму роботи. На основі графіка розробляється маршрутний розклад, який використовується диспетчерською службою для оперативного управління перевезеннями. Найбільш поширеним методом складання маршрутного розкладу є графоаналітичний [1, 3, 4].

Сучасні підходи до розроблення розкладів передбачають використання автоматизованих систем планування, геоінформаційних технологій, навігаційних систем глобального позиціонування та засобів моніторингу руху транспортних засобів у режимі реального часу. Застосування цифрових технологій дає можливість враховувати поточну дорожню ситуацію, рівень завантаженості маршрутів, сезонні коливання пасажиропотоків та оперативно коригувати параметри роботи маршрутної мережі [11].

Під час складання розкладу також враховується необхідність узгодження роботи різних маршрутів і видів міського пасажирського транспорту. Координування часу прибуття транспортних засобів до пересадкових вузлів дозволяє скоротити тривалість пересадок, зменшити загальні витрати часу пасажирів та підвищити ефективність функціонування інтегрованої транспортної системи міста [11].

Ефективність розробленого розкладу оцінюється за такими показниками, як регулярність руху транспортних засобів, середній інтервал руху, середній час очікування пасажирів, коефіцієнт використання рухомого складу, рівень використання пасажиромісткості, продуктивність автобусів, виконання рейсів відповідно до затвердженого графіка та експлуатаційні витрати. Комплексний аналіз цих показників дозволяє оцінити якість організації перевезень і визначити напрями подальшого вдосконалення розкладу [1, 3, 4].

Організація дорожнього руху на маршрутах міського пасажирського транспорту є важливою складовою системи забезпечення перевезень, оскільки безпосередньо впливає на безпеку перевезень, регулярність руху транспортних засобів, експлуатаційну швидкість тощо. Рациональна організація руху спрямована на створення умов для безпечного, безперервного та ефективного функціонування маршрутів, забезпечення пріоритету громадського транспорту [12, 13].

Основною метою організації дорожнього руху є забезпечення безпечного та безперебійного руху маршрутних транспортних засобів із мінімальними затримками в умовах змінної інтенсивності транспортних потоків. Досягнення цієї мети передбачає комплексне застосування інженерно-технічних, організаційних та інформаційних заходів, спрямованих на підвищення ефективності функціонування транспортної системи міста [12, 13].

Під час організації дорожнього руху на маршрутах громадського транспорту необхідно враховувати інтенсивність транспортних і пішохідних потоків, геометричні параметри вулично-дорожньої мережі, особливості розташування зупиночних пунктів, характеристики перехресть, наявність місць концентрації дорожньо-транспортних пригод, а також особливості функціонування інших видів транспорту. Комплексний аналіз цих факторів дозволяє визначити проблемні ділянки маршрутів і розробити ефективні заходи щодо їх удосконалення [12, 13].

Одним із найважливіших напрямів організації дорожнього руху є забезпечення пріоритетного руху міського пасажирського транспорту. Для цього застосовуються виділені смуги для руху автобусів і тролейбусів, пріоритетне світлофорне регулювання на перехрестях, спеціальні смуги для під'їзду до зупиночних пунктів, а також адаптивні системи керування дорожнім рухом. Реалізація таких заходів дозволяє скоротити час поїздки, підвищити регулярність руху транспортних засобів і зменшити вплив заторів на функціонування маршрутної мережі [12, 13].

Важливим елементом організації дорожнього руху є раціональне розміщення та облаштування зупиночних пунктів. Їх місце розташування повинно забезпечувати безпечну посадку та висадку пасажирів, зручний пішохідний доступ, достатню пропускну спроможність посадкових майданчиків і мінімальний вплив на загальний транспортний потік. Залежно від умов руху зупинки можуть обладнуватися заїзними «кишенями» або

розташовуватися безпосередньо на смузі руху, якщо це сприяє підвищенню пріоритетності громадського транспорту [12, 13].

Особливу увагу приділяють організації дорожнього руху на перехрестях, де виникає найбільша кількість затримок маршрутних транспортних засобів. Для підвищення пропускнуої спроможності застосовують світлофорне регулювання, оптимізацію тривалості світлофорних циклів, виділення окремих фаз для громадського транспорту, зміну схем організації руху, каналізування транспортних потоків, удосконалення дорожньої розмітки та встановлення необхідних дорожніх знаків. Комплексне впровадження зазначених заходів сприяє скороченню затримок і підвищенню безпеки дорожнього руху [12, 13].

Не менш важливим напрямом є забезпечення безпеки всіх учасників дорожнього руху. Для цього передбачаються заходи щодо покращення видимості на перехрестях, облаштування регульованих і нерегульованих пішохідних переходів, встановлення дорожніх огорожень, сучасних технічних засобів регулювання руху, засобів примусового зниження швидкості та інформаційного забезпечення водіїв і пішоходів. Особливу увагу приділяють створенню безпечних умов для маломобільних груп населення шляхом облаштування понижених бордюрів, тактильних елементів, звукового супроводу світлофорів та безбар'єрних підходів до зупинок [12, 13].

У сучасних містах дедалі більшого поширення набувають інтелектуальні транспортні системи, які забезпечують автоматизоване управління дорожнім рухом. Використання систем відеоспостереження, транспортних детекторів, GPS-моніторингу, адаптивного світлофорного регулювання та автоматизованого диспетчерського управління дозволяє оперативно реагувати на зміни дорожньої ситуації, контролювати регулярність руху маршрутних транспортних засобів і підвищувати ефективність функціонування всієї транспортної системи [12, 13].

Ефективність організації дорожнього руху оцінюється за комплексом техніко-експлуатаційних показників, серед яких середня експлуатаційна швидкість маршрутних транспортних засобів, величина затримок на перехрестях, регулярність руху, час сполучення, кількість дорожньо-транспортних пригод, рівень транспортного обслуговування населення та екологічні показники. Порівняння цих показників до і після впровадження організаційних заходів дозволяє оцінити їх ефективність та визначити доцільність подальшого вдосконалення схем організації дорожнього руху [12, 13].

1.2 Розрахунок пасажиропотоку на перегонах маршруту

Визначення пасажиропотоку на окремих перегонах маршруту є першочерговим етапом організації перевезень. Аналізування пасажиропотоків за перегонами дає змогу виявити найбільш пасажиронапружені ділянки, що є основою для прийняття обґрунтованих рішень щодо удосконалення перевізного процесу.

Пасажиропотік на певному перегоні маршруту визначається за такою залежністю:

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

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

$Q_{\text{в}i}$, $Q_{\text{з}i}$ - відповідно кількість пасажирів, які здійснюють посадку та висадку i -ому зупиночному пункті, пас./год.

Пасажиропотік на першому перегоні дорівнює:

$$F_{1-2} = 245 \text{ пас./год.}$$

На другому перегоні:

$$F_{2-3}=245+42-14=273 \text{ пас./год.}$$

Результати розрахунку для інших перегонів наведені у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Пасажиропотоки на перегонах маршруту

Прямий напрямок				Зворотний напрямок			
Перегін	Довжина перегону, км	Величина пасажиропотоку, пас./год	Транспортна робота, пас. км	Перегін	Довжина перегону, км	Величина пасажиропотоку, пас./год	Транспортна робота, пас. км
1-2	0,79	245	193,6	10-9	1,06	157	166,4
2-3	0,95	273	259,4	9-8	0,75	171	128,3
3-4	0,97	288	279,4	8-7	1,05	185	194,3
4-5	0,99	296	293,0	7-6	0,96	193	185,3
5-6	0,98	292	286,2	6-5	0,98	201	197,0
6-7	0,96	281	269,8	5-4	0,99	197	195,0
7-8	1,05	260	273,0	4-3	0,97	181	175,6
8-9	0,75	228	171,0	3-2	0,95	161	153,0
9-10	1,06	180	190,8	2-1	0,79	124	98,0
Сума	8,50	2343	2216,0	Сума	8,50	1570	1492,7

Графічне зображення розподілу пасажиропотоків представлено на рис.

1.2.



Рисунок 1.2 – Розподіл пасажиропотоку на перегонах маршруту

Встановлюємо значення максимального пасажиропотоку:

$$F_{\max} = \max\{245; 273; 288; 296; 292; 281; 260; 228; 180; \dots 124\} = 296 \text{ пас./год.}$$

Визначаємо обсяг перевезених пасажирів:

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

Прямий напрямок:

$$Q = 245 + 42 + 38 + 36 + 27 + 22 + 19 + 10 + 6 = 445 \text{ пас.}$$

Зворотний напрямок:

$$Q = 157 + 22 + 31 + 24 + 29 + 20 + 17 + 15 + 5 = 320 \text{ пас.}$$

Загальний обсяг перевезених пасажирів:

$$Q = 445 + 320 = 765 \text{ пас.}$$

Визначаємо транспортну роботу на перегонах маршруту:

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

де l_{i-j} - довжина перегонів, км.

Для перегону 1–2:

$$W_{1-2} = 0,79 \cdot 245 = 193,6 \text{ пас. км.}$$

Результати розрахунків для інших перегонів наведені у табл. 1.1.

Транспортна робота для прямого напрямку:

$$W = 193,6 + 259,4 + 279,4 + 293,0 + 286,2 + 269,8 + 273,0 + 171,0 + \\ + 190,8 = 2216,0 \text{ пас. км.}$$

Зворотного:

$$W = 166,4 + 128,3 + 194,3 + 185,3 + 197,0 + 195,0 + 175,6 + 153,0 + \\ + 98,0 = 1492,7 \text{ пас. км.}$$

Загальна транспортна робота:

$$W = 2216,0 + 1492,7 = 3708,7 \text{ пас. км.}$$

Отримане значення максимального пасажиропотоку є підставою для ухвалення рішення щодо обрання марки автобуса для здійснення перевезень.

1.3 Обрання марки автобуса

За результатами визначення максимального пасажиропотоку, який становить 296 пас./год, відповідно до чинних рекомендацій щодо вибору рухомого складу для міських автобусних маршрутів доцільним є використання автобусів малого або середнього класу пасажиромісткості [9]. Застосування автобусів цієї категорії сприятиме забезпеченню раціонального використання транспортних засобів та належному рівню транспортного обслуговування пасажирів. З огляду на це, як альтернативні варіанти рухомого складу для подальшого аналізу та порівняння приймаємо автобуси ЗАЗ А08 та Ataman А092Н6, основні характеристики яких наведено в табл.

1.2.

Для оцінювання економічної доцільності використання обраних моделей рухомого складу визначаємо величину експлуатаційних витрат за одну годину роботи автобуса на маршруті. Розрахунок цього показника дає можливість врахувати основні витрати перевізника, пов'язані з виконанням перевезень:

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

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

Таблиця 1.2 – Характеристика автобусів

Показник	3A3 A08	Ataman A092H6
Тарифна ставка водія, грн./год	189,5	189,5
Норма відрахувань на соціальне страхування, %	37,5	37,5
Витрата палива, л/100 км	17	18
Експлуатаційна швидкість, км/год	20	20
Вартість літра палива, грн./л	82,14	82,14
Норматив відрахувань на мастильні матеріали, %	10,2	10,2
Норма відрахувань на технічне обслуговування і ремонт автобусів, грн./1000 км	3710	3920
Кількість коліс автобусу, од.	6	6
Вартість однієї шини, грн.	4450	4450
Норма відрахувань на відновлення шин автобусу, %	3	3
Експлуатаційний пробіг шини, км	70000	70000
Кількість днів роботи маршруту на рік, дн.	365	365
Середній час у наряді автобусу, год	8	8
Норма відрахувань на амортизацію рухомого складу, %	40	40
Вартість автобусу, грн.	2354000	2635000
Тарифна ставка управлінського персоналу АТП, грн./год.	210,8	210,8
Норматив відрахувань на накладні витрати, %	20	20

B_n – витрати на паливо, грн./год;

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

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

$B_{ш}$ – витрати на шини, грн./год;

B_a – амортизаційні відрахування, грн./год;

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

B_n – накладні витрати, грн./год.

Здійснюємо розрахунок складників експлуатаційних витрат для автобусів ЗАЗ А08.

Витрати на заробітну плату водія:

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

де Γ_{mc} – тарифна ставка, грн./год;

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

$$ЗП_{\epsilon} = 189,5 \cdot \left(1 + \frac{37,5}{100} \right) = 260,56 \text{ грн.}$$

Витрати на паливо:

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

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

V_e – експлуатаційна швидкість, км/год;

$B_{1л}$ – вартість палива, грн./л.

$$B_n = \frac{17 \cdot 20 \cdot 82,14}{100} = 279,28 \text{ грн.}$$

Витрати на мастильні матеріали:

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

де C_m – норма відрахувань на мастильні матеріали, %.

$$B_m = \frac{279,28 \cdot 10,2}{100} = 28,49 \text{ грн.}$$

Витрати на технічне обслуговування та ремонт:

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

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

$$B_{\text{ТОіР}} = \frac{3710 \cdot 20}{1000} = 74,20 \text{ грн.}$$

Витрати на шини:

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

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

$B_{\text{ш}}$ – вартість шини, грн.;

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

L_e – експлуатаційний пробіг шин, км;

D_p – кількість днів роботи маршруту на рік, дн.;

T_n – середній час в наряді.

$$B_{ш} = \frac{6 \cdot 4450 \cdot 3 \cdot 70000}{100 \cdot 1000 \cdot 365 \cdot 8} = 19,20 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування:

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

де H_a – норма відрахувань на амортизацію автобусів, %;

$Ц_б$ – значення балансової вартості автобусів, грн.

$$B_a = \frac{40 \cdot 2354000}{100 \cdot 365 \cdot 8} = 322,47 \text{ грн.}$$

Витрати на заробітну платню для управлінського персоналу АТП:

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

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

$$B_{yn} = 210,8 \cdot (1 + 37,5/100) = 289,85 \text{ грн.}$$

Накладні витрати:

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

де C_n – норма відрахувань на накладні витрати, 20 %.

$$B_n = \frac{(260,56+279,28+28,49+74,20+19,20+322,46+289,85) \cdot 20}{100} = 254,81 \text{ грн.}$$

Загальні годинні експлуатаційні витрати для автобусу ЗАЗ А08:

$$З_{год} = 260,56 + 279,28 + 28,49 + 74,20 + 19,20 + 322,4 + 289,85 + 835,25 = 1528,85 \text{ грн.}$$

Аналогічно виконуємо розрахунки щодо визначення експлуатаційних витрат для автобусів Ataman А092Н6. Результати розрахунків наведені у табл. 1.3.

Результати виконаних розрахунків засвідчують, що найбільш економічно доцільним варіантом для обслуговування маршруту є використання автобусів ЗАЗ А08. Порівняльний аналіз показав, що загальні експлуатаційні витрати при застосуванні автобусів цієї моделі є нижчими порівняно з альтернативним варіантом і становлять 1528,85 грн. Це свідчить про вищу економічну ефективність їх експлуатації за заданих умов роботи маршруту, що забезпечує зменшення витрат перевізника без погіршення якості транспортного обслуговування пасажирів. Таким чином, автобуси ЗАЗ А08 можуть бути рекомендовані як найбільш раціональний варіант рухомого складу для здійснення перевезень.

Таблиця 1.3 – Експлуатаційні витрати

Статті витрат	Автобус	
	3A3 A08	Ataman A092H6
Витрати на заробітну плату водія, грн./год	260,56	260,56
Витрати на паливо, грн./год	279,28	295,70
Витрати на мастильні матеріали, грн./год	28,49	30,16
Витрати на технічне обслуговування та ремонт автобусів, грн./год	74,20	78,40
Витрати на шини, грн. /год	19,20	19,20
Амортизаційні відрахування, грн./год	322,47	360,96
Витрати на заробітну плату управлінського персоналу, грн./год	289,85	289,85
Накладні витрати, грн./год	254,81	266,97
Загальні експлуатаційні витрати, грн./год	1528,85	1601,81

1.4 Розрахунок техніко-експлуатаційних показників перевезень

Після обґрунтування вибору моделі автобусу виконується розрахунок техніко-експлуатаційних показників роботи автобусного маршруту.

Визначаємо час обертв автобусів:

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

де l_m - довжина маршруту, км;

V_e - експлуатаційна швидкість автобусів, км/год.

$$t_{об} = \frac{2 \cdot 8,5}{20} = 0,85 \text{ год} = 51 \text{ хв.}$$

Визначаємо потрібну кількість автобусів:

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

де q_n - пасажиромісткість автобусів, пас.

$$A = \frac{296 \cdot 0,8}{49} = 6 \text{ од.}$$

Інтервал руху автобусів:

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

$$I_{пл} = \frac{51}{6} = 8,5 \text{ хв.}$$

Середню дальність поїздки пасажирів:

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

Прямий напрямок:

$$l_{cp} = \frac{2216,0}{445} = 4,98 \text{ км.}$$

Зворотний напрямок:

$$l_{cp} = \frac{1492,7}{320} = 4,66 \text{ км.}$$

Розраховуємо динамічний коефіцієнт заповнення:

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

Прямий напрямок:

$$\gamma_o = \frac{0,85 \cdot 2216,0}{8,50 \cdot 49,6} = 0,754.$$

Зворотний напрямок:

$$\gamma_o = \frac{0,85 \cdot 1492,7}{8,50 \cdot 49,6} = 0,508.$$

Розраховуємо статичний коефіцієнт заповнення:

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

Прямий напрямок:

$$\gamma_c = \frac{0,85 \cdot 2343}{9,6 \cdot 49} = 0,753.$$

Зворотний напрямок:

$$\gamma_c = \frac{0,85 \cdot 1570}{9 \cdot 6 \cdot 49} = 0,504.$$

Розраховуємо коефіцієнт змінності пасажирів:

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

Прямий напрямок:

$$\eta = \frac{8,5}{4,98} \times \frac{0,754}{0,753} = 1,71.$$

Зворотний напрямок:

$$\eta = \frac{8,5}{4,66} \times \frac{0,508}{0,504} = 1,83.$$

Отримані результати зводимо до табл. 1.4.

1.5 Прогноз перспективних обсягів перевезень

Для прогнозування перспективних обсягів перевезень використано табличний редактор MS Excel, який забезпечує можливість статистичного аналізу часових рядів та побудови прогнозних моделей на основі наявних звітних даних. Проведення такого статистичного аналізу дозволяє визначити

очікувану динаміку зміни пасажиропотоків і оцінити перспективні потреби у транспортному обслуговуванні маршруту.

Таблиця 1.4 – Техніко-експлуатаційні показники перевезень

№ п/п	Показник	Напрямок	
		прямий	зворотний
1	Обсяг перевезених пасажирів, пас.	765	
2	Довжина маршруту, км	445	320
3	Експлуатаційна швидкість автобусів, км/год	8,5	
4	Час обертів автобусів, хв.	20	
5	Пасажиромісткість, пас.	51	
6	Пасажиромісткість, пас.	49	
7	Модель автобусу	3А3 А08	
8	Максимальний пасажиропотік на маршруті,	296	
9	Потрібна кількість одиниць автобусів, од.	6	
10	Інтервал руху автобусів, хв.	8,5	
11	Транспортна робота, пас. км	3708,7	
12	Середня дальність поїздки пасажирів, км	2216,0	1492,7
13	Динамічний коефіцієнт заповнення	4,98	4,66
14	Статичний коефіцієнт заповнення	0,754	0,508
15	Коефіцієнт змінності пасажирів	0,753	0,504
16		1,71	1,83

За результатами моделювання отримано прогностичні значення обсягів перевезень на розрахунковий період. Результати прогнозування наведено в табл. 1.5, а для наочного відображення тенденції зміни обсягів перевезень побудовано діаграму (рис. 1.3).

Таблиця 1.5 – Прогноз перспективних обсягів перевезень

Місяці	Обсяг перевезень, пас.			
	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Прогноз на 2026 р.
Січень	156368	173901	193983	183632
Лютий	156672	157807	149733	166963
Березень	148937	166719	176247	175789
Квітень	162587	158194	172672	167994
Травень	165013	170493	166209	180240
Червень	161070	181974	195785	185162
Липень	149847	152022	155169	164266
Серпень	138927	148445	166051	157338
Вересень	162890	184030	178639	187026
Жовтень	162890	154480	159609	172081
Листопад	155610	170634	169723	176748
Грудень	166227	162253	170850	182413
Сумарне значення	1887037	1980952	2054671	2099654



Рисунок 1.3 – Діаграма тенденції зміни обсягів перевезень та прогноз на 2026 р.

За прогнозом очікується, що обсяг перевезень у 2026 році зросте на 44983 пас. або 2,19 %.

1.6 Висновки по розділу

1. Розглянуто теоретичні засади організації міських пасажирських перевезень та визначено основні етапи проектування перевізного процесу, до яких належать формування маршрутної мережі, вибір рухомого складу, розробка розкладу руху та організація дорожнього руху на маршрутах. Обґрунтовано систему показників, що застосовується для оцінювання ефективності функціонування маршрутної мережі та якості транспортного обслуговування населення.

2. За результатами розрахунків встановлено, що максимальний пасажиропотік на досліджуваному маршруті становить 296 пас./год. На основі техніко-економічного порівняння двох альтернативних моделей автобусів визначено, що найбільш раціональним для роботи на маршруті є автобус ЗАЗ А08, експлуатаційні витрати якого становлять 1528,85 грн/год, що є меншим порівняно з автобусом Ataman А092Н6.

3. Виконано розрахунок основних техніко-експлуатаційних показників маршруту, згідно з яким для забезпечення перевезень необхідно 6 автобусів. У цьому випадку плановим інтервалом руху становитиме 8,5 хв.

4. За результатами прогнозування перспективних обсягів перевезень встановлено тенденцію до зростання транспортного попиту. Очікується, що у 2026 році річний обсяг перевезень становитиме 2099654 пасажирів, що на 44983 пасажирів або 2,19 % більше порівняно з 2025 роком. Отримані результати підтверджують необхідність подальшого вдосконалення організації перевезень, оптимізації режимів роботи маршруту та адаптації параметрів транспортного обслуговування до прогнозованих змін транспортного попиту.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА РОЗКЛАДУ РУХУ

2.1 Визначення потрібної кількості автобусів

На першому етапі розробки розкладу руху потрібно встановити пасажиропотоки на маршруті у різні періоди доби:

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

де $F_{\text{пик}}$ - пасажиропотік на маршруті, що спостерігається у годину пік;

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

У період з 6:00 по 7:00 години роботи маршруту:

$$F_{6:00-7:00} = 296 \cdot 0,43 = 127 \text{ пас./год.}$$

Результати розрахунків для інших періодів часу наведені у табл. 2.1.

Для кожного періоду часу визначаємо потрібну кількість автобусів:

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

У період часу з 6:00 по 7:00 потрібна така кількість автобусів:

$$A_{6:00-7:00} = \frac{127 \cdot 0,85}{49} = 3 \text{ од.}$$

Таблиця 2.1 – Розподіл пасажиропотоків за годинами доби та потрібна кількість автобусів

Години роботи маршруту	Коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку	Значення пасажиропотоку, пас./год	Потрібна розрахункова кількість автобусів, од.	Скоригована кількість автобусів, од.	Інтервал руху автобусів, хв.
6:00 - 7:00	0,43	127	3	3	17,0
7:00 - 8:00	0,92	272	5	5	10,2
8:00 - 9:00	1	296	6	6	8,5
9:00 - 10:00	0,87	258	5	5	10,2
10:00 - 11:00	0,52	154	3	3	17,0
11:00 - 12:00	0,39	115	2	3	17,0
12:00 - 13:00	0,38	112	2	3	17,0
13:00 - 14:00	0,41	121	3	3	17,0
14:00 - 15:00	0,65	192	4	4	12,8
15:00 - 16:00	0,77	228	4	4	12,8
16:00 - 17:00	0,92	272	5	5	10,2
17:00 - 18:00	0,8	237	5	5	10,2
18:00 - 19:00	0,69	204	4	4	12,8
19:00 - 20:00	0,51	151	3	3	17,0
20:00 - 21:00	0,38	112	2	3	17,0
21:00 - 22:00	0,22	65	2	3	17,0
22:00 - 23:00	0,17	50	1	3	17,0
23:00 - 00:00	0,11	33	1	3	17,0

Результати розрахунків для інших періодів часу наведені у табл. 2.1.

Розраховуємо максимальну кількість автобусів:

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

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

K_o - коефіцієнт дефіциту транспортних засобів у АТП.

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

Розраховуємо мінімальну кількість автобусів:

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

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

$$A_{\min} = \frac{51}{20} = 3 \text{ од.}$$

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

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

На основі отриманих значень мінімально необхідної та максимально допустимої кількості автобусів здійснюємо коригування їх кількості за годинами доби. Скориговані результати визначення кількості автобусів, необхідних для роботи на маршруті в різні періоди доби, наведено в табл. 2.1. Для наочного аналізу зміни транспортного попиту та відповідної потреби в рухомому складі побудовано діаграми розподілу пасажиропотоків за годинами доби (рис. 2.1) і необхідної кількості автобусів на маршруті (рис. 2.2).

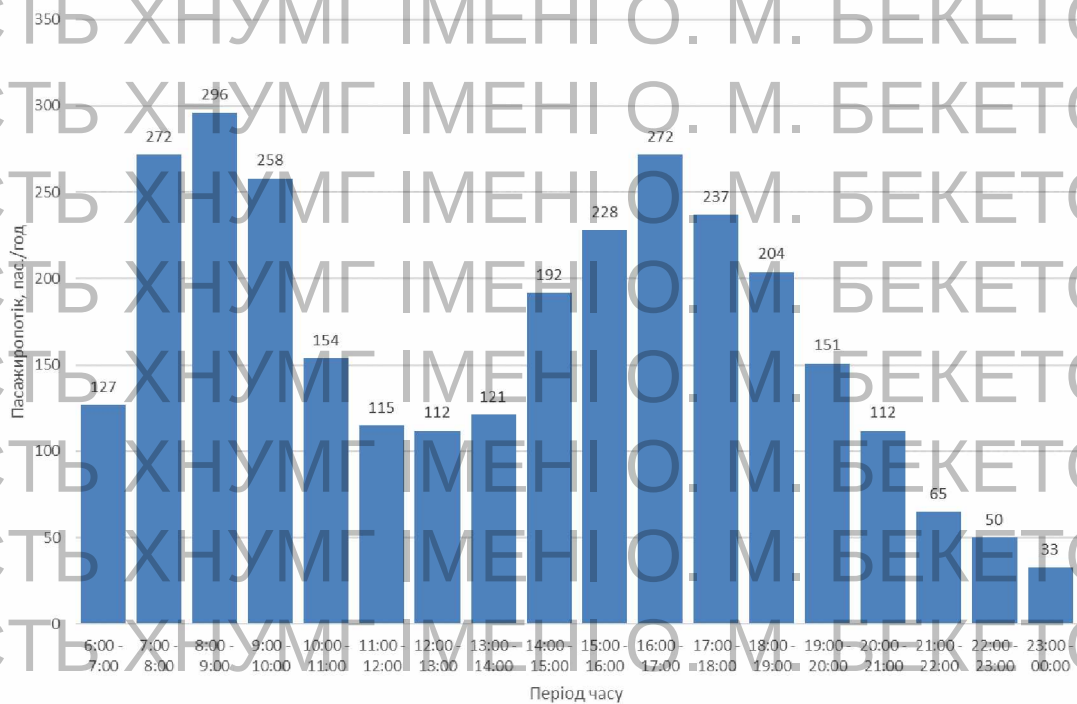


Рисунок 2.1 - Діаграма зміни пасажиропотоку

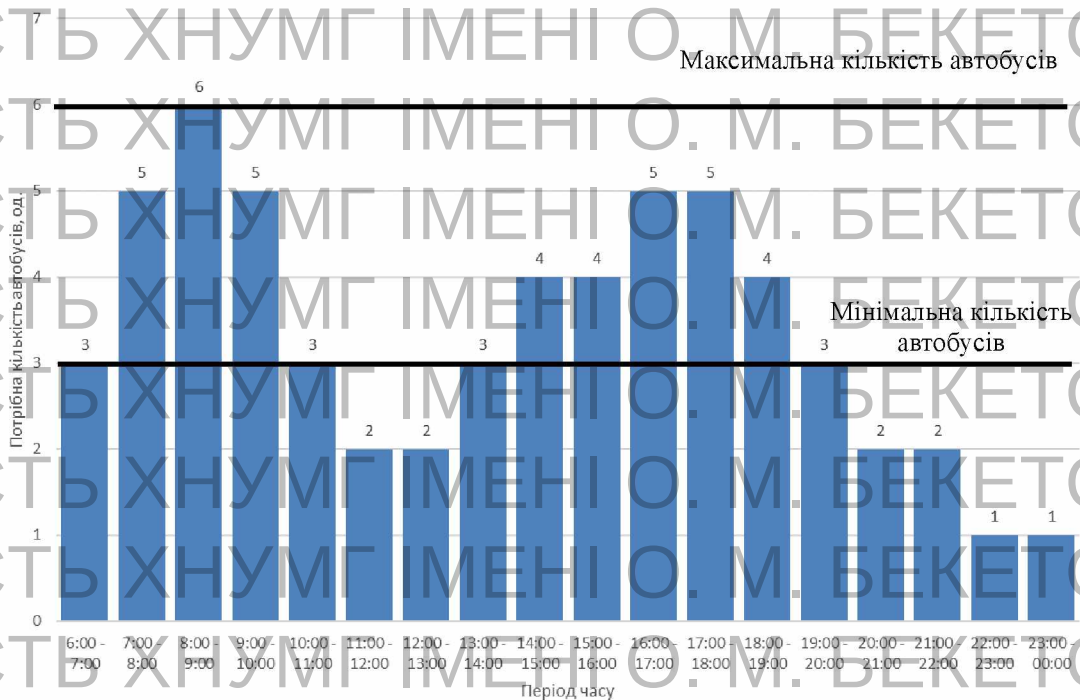


Рисунок 2.2 - Діаграма зміни кількості автобусів

2.2 Побудова графіку роботи водіїв і автобусів

Побудову графіка роботи водіїв і автобусів здійснюємо відповідно до чинних вимог щодо організації праці водіїв та експлуатації рухомого складу.

При цьому застосовуємо методику наведену у роботах [3, 4]. Під час його розроблення враховуються режими роботи маршруту, добова нерівномірність пасажиропотоків, необхідна кількість автобусів у різні години доби, тривалість зміни водіїв, нормативні перерви для відпочинку, а також вимоги трудового законодавства та безпеки перевезень. Розроблений графік роботи наведено на рис. 2.3.

Для оцінювання якості графіка визначасмо коефіцієнт ефективності його побудови:

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

де AG_{nom} – автомобіле-години потрібні за попереднім розрахунком;

AG_{pob} – автомобіле-години побудовані за результатами складання графіку.

$$K_{ef} = \frac{72}{68} = 0,944.$$

Оскільки виконується $0,9 \leq K_{ef} \leq 1,0$, то складений графік слід вважати раціональним та він може бути використаний при складанні маршрутного розкладу.

Номер
випуску

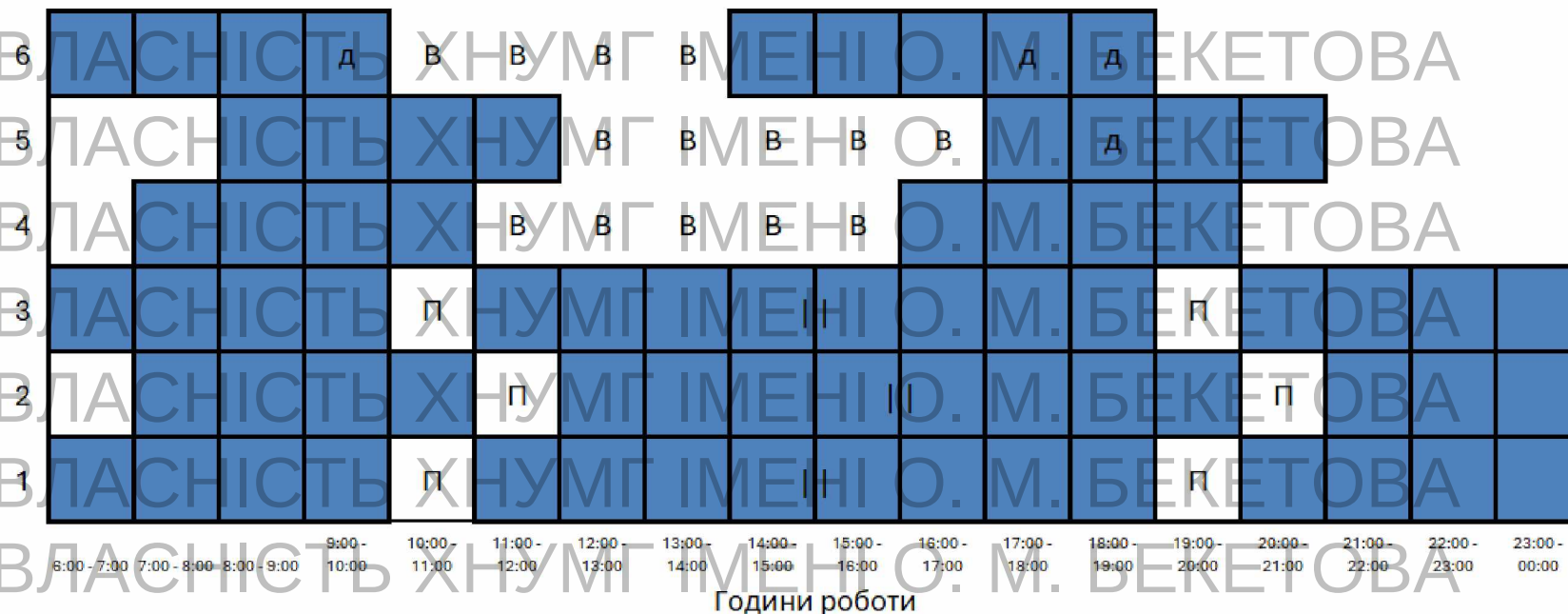


Рисунок 2.3 - Графік роботи водіїв та автобусів

2.3 Складання маршрутного розкладу

Складання маршрутного розкладу починаємо з встановлення інтервалів руху для різних періодів часу роботи маршруту:

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

З 6:00 по 7:00 години роботи інтервал руху становить:

$$I_{6:00-7:00} = \frac{51}{3} = 17,0 \text{ хв.}$$

Інтервали руху в інші періоди часу роботи маршруту наведені у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Інтервали руху автобусів

Години роботи маршруту	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	5	6	6	3	3	3	3	4
Інтервал руху автобусів, хв.	17,0	10,2	8,5	8,5	17,0	17,0	17,0	17,0	12,8
Години роботи маршруту	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	5	6	6	3	3	3	3	3
Інтервал руху автобусів, хв.	12,8	10,2	8,5	8,5	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0

Після визначення інтервалів руху за методикою, наведеною в роботах [3, 4], виконуємо побудову стрічкового графіка руху автобусів на маршруті.

Побудований стрічковий графік наведено на рис. 2.4.

На основі стрічкового графіка розробляємо маршрутний розклад руху (табл. 2.3), який визначає час відправлення та прибуття транспортних засобів на кінцеві зупиночні пункти.

Наступним етапом виконується визначення часу виїзду кожного випуску з автотранспортного підприємства (АТП). Цей показник встановлюється з урахуванням часу початку виконання першого рейсу, тривалості нульового пробігу від АТП до початкової зупинки маршруту:

$$t_{\text{виїзд}} = t_{\text{відпКЗ1}} - t_0, \quad (2.7)$$

де $t_{\text{відпКЗ1}}$ - часу початку виконання першого рейсу;

t_0 - тривалість нульового пробігу від АТП до початкової зупинки маршруту.

Визначаємо час заїзду до АТП:

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

де $t_{\text{прибКЗ1}}$ - часу завершення виконання останнього рейсу.

Тривалість нульового пробігу:

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

Номери
випусків

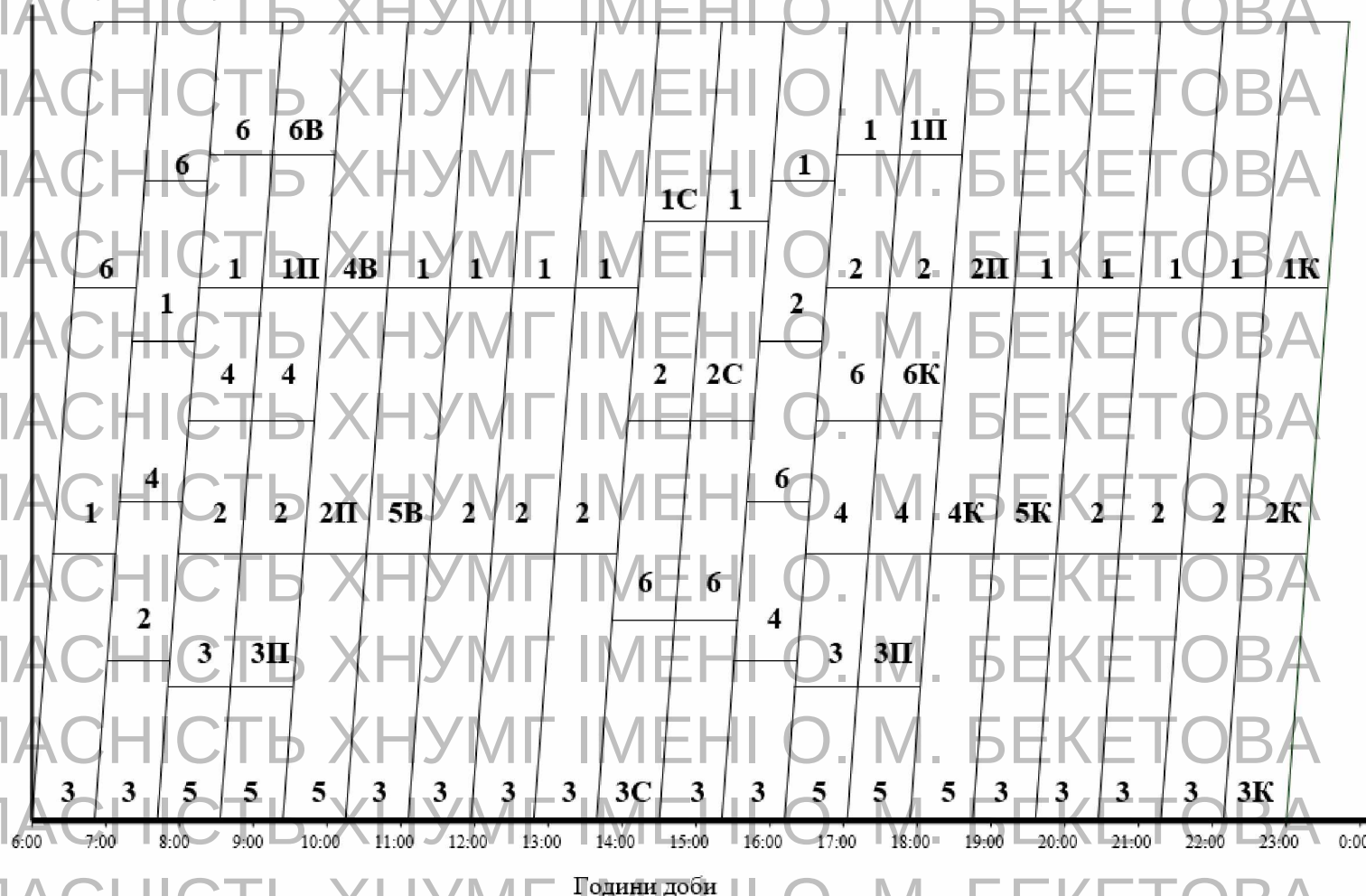


Рисунок 2.4 - Стрічковий графік

Таблиця 2.3 - Розклад руху автобусів

Випуск 1		Випуск 2		Випуск 3		Випуск 4		Випуск 5		Випуск 6	
K31	K32	K31	K32	K31	K32	K31	K32	K31	K32	K31	K32
6:17	6:42	7:01	7:26	6:00	6:25	7:11	7:36	7:42	8:07	6:34	6:59
7:21	7:47	7:59	8:24	6:51	7:16	8:07	8:33	8:33	8:58	7:31	7:57
8:16	8:41	8:50	9:15	7:50	8:16	8:58	9:24	9:24	9:49	8:24	8:50
9:07	9:32	9:41	10:06	8:41	9:07	9:58	10:23	10:32	10:57	9:15	9:41
9:58	П	10:32	П	9:32	П	10:49	В	11:23	В	10:06	В
10:49	11:14	11:23	11:48	10:15	10:40	15:31	15:56	16:12	16:37	13:51	14:17
11:40	12:05	12:14	12:39	11:06	11:31	16:29	16:54	17:03	17:28	14:42	15:08
12:31	12:56	13:05	13:30	11:57	12:22	17:20	17:45	17:54	18:19	15:41	16:06
13:22	13:47	14:04	14:30	12:48	13:13	18:11	18:36	19:02	19:27	16:37	17:03
14:17	14:42	14:55	15:21	13:39	14:04	19:02	К	19:53	К	17:28	17:54
15:08	С	15:46	С	14:30	С					18:19	К
15:08	15:33	15:51	16:17	14:30	14:55						
16:01	16:27	16:46	17:11	15:21	15:46						
16:54	17:20	17:37	18:02	16:20	16:46						
17:45	18:11	18:28	18:53	17:11	17:37						
18:36	П	19:19	П	18:02	П						
19:19	19:44	19:53	20:18	18:45	19:10						
20:10	20:35	20:44	21:09	19:36	20:01						
21:01	21:26	21:35	22:00	20:27	20:52						
21:52	22:17	22:26	22:51	21:18	21:43						
22:43	23:08	23:17	К	22:09	22:34						
23:34	К			23:00	К						

де l_0 - відстань нульового пробігу, км;

V_m - технічна швидкість, км/год.

$$t_0 = \frac{3,5 \cdot 60}{29} = 7 \text{ хв.}$$

Проводимо розрахунки для першого випуску:

$$t_{\text{виїзд}} = 6:17 - 0:07 = 6:10 \text{ год.}$$

$$t_{\text{заїзд}} = 23:34 + 0:07 = 23:41 \text{ год.}$$

Аналогічно розраховується час заїзду та виїзду для інших випусків (табл. 2.4).

Визначаємо час в наряді автобусів:

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

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

Проводимо розрахунки для першого випуску:

$$T_{n1} = 23:41 - 6:10 - (0:51 + 0:42) = 15:57 \text{ год.}$$

Аналогічно розраховується час в наряді інших випусків (табл. 2.4).

На підставі аналізу табл. 2.4 можна стверджувати, що розроблений розклад забезпечує дотримання вимог трудового законодавства, щодо тривалості роботи водіїв.

Таблиця 2.4 – Час в наряді та його складники

Номер випуску			1	2	3	4	5	6
Час виїзду з АТП			6:10	6:54	5:53	7:04	7:35	6:27
Час заїзду в АТП			23:41	23:24	23:07	19:09	20:00	18:26
Час перерви або відстою	1-зміна		0:51	0:51	0:42	4:42	4:49	3:45
	2-зміна		0:42	0:34	0:42			
Час роботи на маршруті	1-зміна (до відстою)	до перерви	3:41	3:30	3:32	3:37	3:41	3:32
		після перерви	4:19	4:23	4:15			
	2-зміна (після відстою)	до перерви	3:28	3:27	3:32	3:30	3:41	4:27
		після перерви	4:15	3:24	4:15			
Час в наряді			15:57	15:04	15:49	7:22	7:36	8:14
Кількість виконаних обертів			18	17	18	8	8	9

2.4 Висновки по розділу

1. На підставі максимального годинного пасажиропотоку визначено потребу в рухомому складі для кожного періоду роботи маршруту. Встановлено, що максимальна потреба становить 6 автобусів, а мінімальна 3 одиниці. Це дало змогу скоригувати кількість транспортних засобів відповідно до фактичного транспортного попиту та забезпечити раціональне використання рухомого складу. За результатами розрахунків визначено інтервали руху автобусів у різні години доби, які змінюються від 8,5 хв у періоди найбільшого пасажиропотоку до 17,0 хв у міжпикові години.

2. Розроблено графік роботи водіїв і транспортних засобів. За результатами його оцінювання встановлено, що коефіцієнт ефективності побудови становить 0,944, що свідчить про раціональну організацію роботи

автобусів та можливість використання розробленого графіка для складання маршрутного розкладу.

3. Відповідно до визначених інтервалів руху побудовано стрічковий графік роботи автобусів, на основі якого складено маршрутний розклад руху.

На його підставі визначено час виїзду та заїзду кожного випуску до автотранспортного підприємства, а також час перебування автобусів у наряді. Аналіз отриманих результатів показав, що тривалість роботи водіїв відповідає вимогам чинного трудового законодавства та нормативним вимогам щодо організації праці водіїв.

РОЗДІЛ 3

ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ МАРШРУТУ

3.1 Розробка схеми організації руху

Організація дорожнього руху на регульованих перехрестях є одним із найбільш ефективних заходів підвищення безпеки руху, пропускну здатності вуличної мережі та скорочення затримок транспорту. Саме на перехрестях відбувається взаємодія транспортних і пішохідних потоків різних напрямків, що зумовлює виникнення конфліктних ситуацій та потребує раціонального розподілу права проїзду між учасниками дорожнього руху.

Основною метою розробки схеми організації руху є забезпечення безпечного пропуску транспортних засобів і пішоходів при мінімальних часових втратах. Для досягнення цієї мети необхідно визначити послідовність пропуску транспортних потоків, сформувати фази світлофорного регулювання, передбачити необхідні напрямки руху по смугах та забезпечити відповідність прийнятих рішень існуючим нормативним вимогам.

На першому етапі виконуємо оснащення перехрестя засобами організації руху (рис. 3.1). Передбачається обладнання перехрестя транспортними та пішохідними світлофорами, нанесення горизонтальної дорожньої розмітки відповідно до чинних нормативних вимог, а також встановлення дорожніх знаків, що визначають пріоритетність проїзду, порядок руху транспортних засобів і пішоходів. Реалізація запропонованих заходів сприятиме підвищенню рівня безпеки дорожнього руху, зменшенню кількості конфліктних точок між учасниками руху та забезпеченню більш ефективного пропуску транспортних і пішохідних потоків.

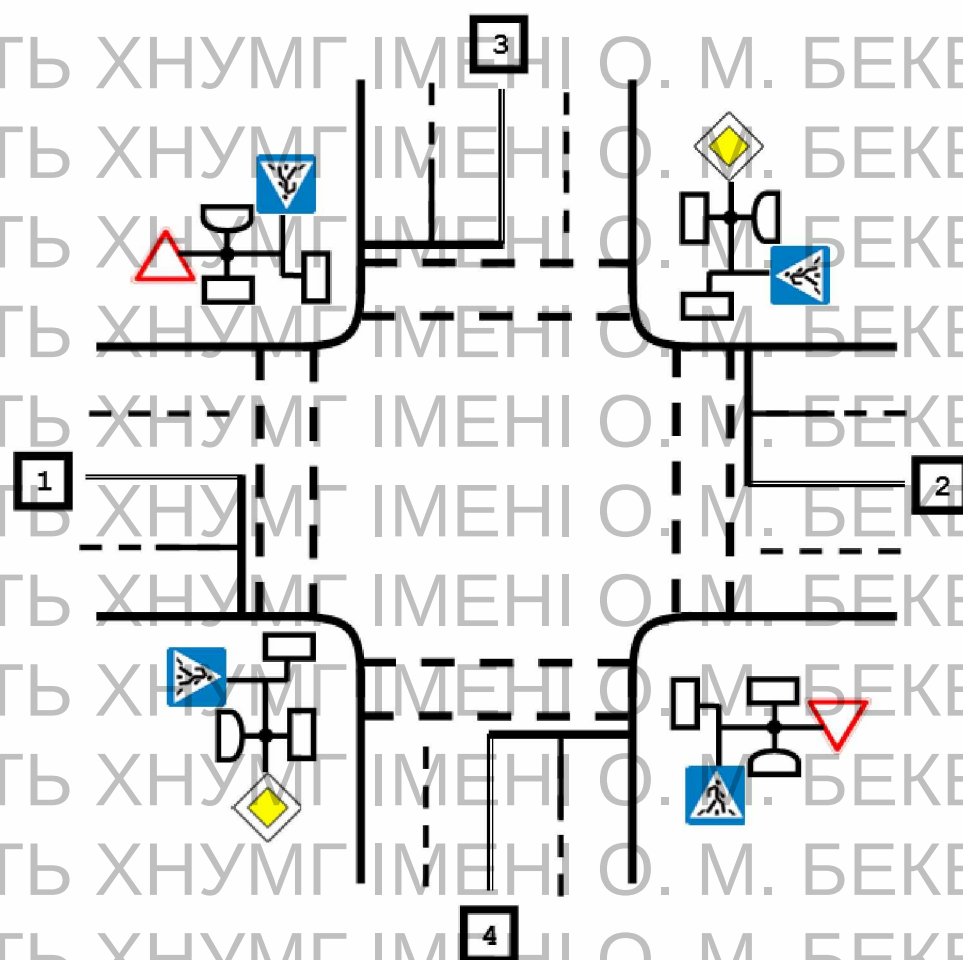


Рисунок 3.1 – Схема оснащення перехрестя засобами організації руху

Далі виконуємо розробку схеми пофазного роз'їзду. Зважаючи на те, що інтенсивність лівоповоротних потоків за всіма напрямками руху не перевищує 120 авт./год, доцільним є організація пропуску потоків транспорту та пішоходів у дві фази (рис. 3.2, 3.3).

Після розроблення схеми організації дорожнього руху переходимо до визначення параметрів світлофорного регулювання. Для цього виконуємо розрахунок основних характеристик світлофорного циклу, зокрема його тривалості, структури фаз, тривалості основних і проміжних тактів, а також розподілу часу між окремими напрямками руху.

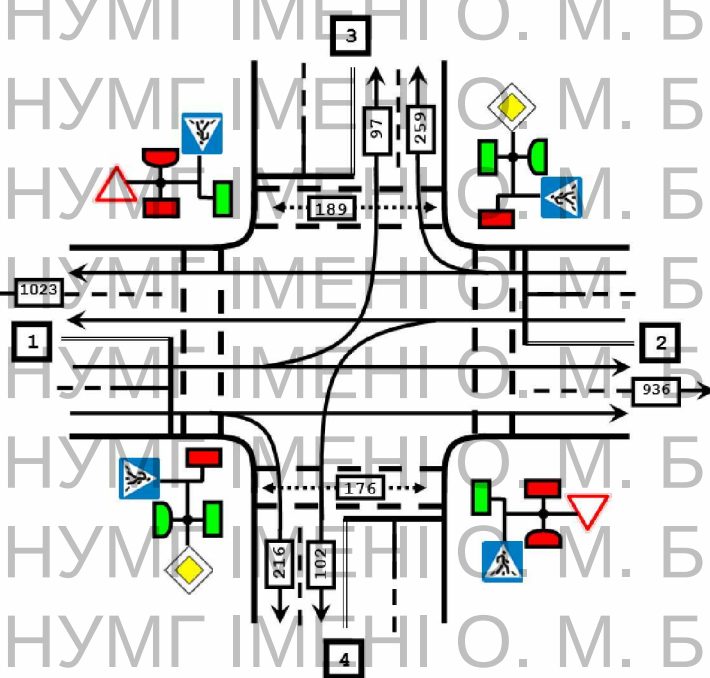


Рисунок 3.2 – Пофазний роз'їзд (фаза I)

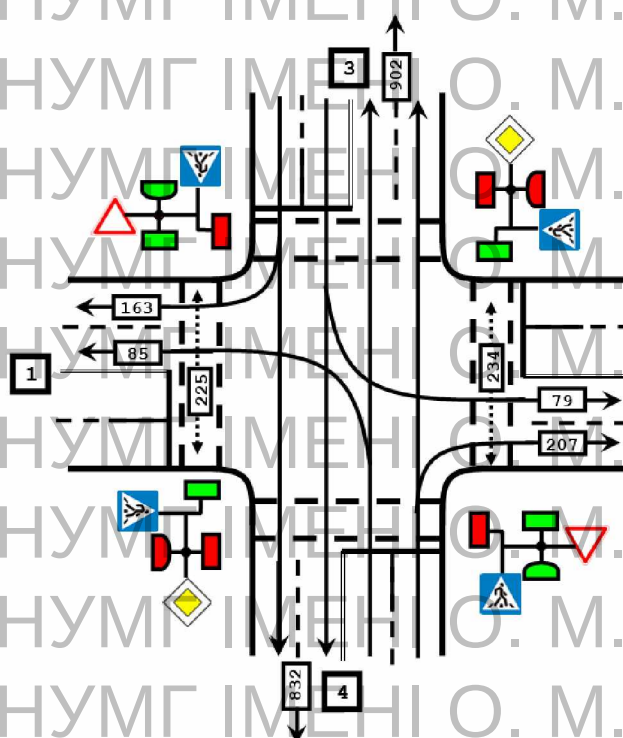


Рисунок 3.3 – Пофазний роз'їзд (фаза II)

3.2 Визначення параметрів світлофорного регулювання

Визначення параметрів світлофорного регулювання починаємо з розрахунку потоків насичення:

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

$B_{\text{пч}}$ – ширина проїзної частини на підході до перехрестя, м;

K_R , K_i , K_C – коефіцієнти зменшення значення потоку насичення внаслідок впливу величини повздовжнього ухилу, радіусу кривизни поворотних потоків та складу руху.

Приймаємо, що коефіцієнти K_R та K_i становлять 1,0.

Визначаємо коефіцієнт зменшення значення потоку насичення внаслідок впливу складу руху:

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

де a , b , c – відсоток автомобілів в потоці, що здійснюють проїзд прямо, ліворуч та праворуч, %.

$$M_{H1(1-2, 1-3, 1-4)} = 525 \cdot 6,8 \cdot (100 / (74,9 + 1,75 \cdot 7,8 + 1,25 \cdot 17,3)) = 3241 \text{ авт./год.}$$

$$M_{H1(2-1, 2-3, 2-4)} = 525 \cdot 6,8 \cdot (100 / (73,9 + 1,75 \cdot 7,4 + 1,25 \cdot 18,7)) = 3239 \text{ авт./год.}$$

$$M_{H2(3-1, 3-2, 3-4)} = 525 \cdot 6,8 \cdot (100 / (77,5 + 1,75 \cdot 7,4 + 1,25 \cdot 15,2)) = 3266 \text{ авт./год.}$$

$$M_{H2(4-1, 4-2, 4-3)} = 525 \cdot 6,8 \cdot (100 / (75,5 + 1,75 \cdot 7,1 + 1,25 \cdot 17,3)) = 3255 \text{ авт./год.}$$

Визначаємо фазові коефіцієнти:

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

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

$$Y_{1\ (1-2,\ 1-3,\ 1-4)} = 1249/3241 = 0,385.$$

$$Y_{1\ (2-1,\ 2-3,\ 2-4)} = 1384/3239 = 0,427.$$

$$Y_{2\ (3-1,\ 3-2,\ 3-4)} = 1074/3266 = 0,329.$$

$$Y_{2\ (4-1,\ 4-2,\ 4-3)} = 1194/3255 = 0,367.$$

На підставі виконаних розрахунків визначаємо розрахункові значення фазових коефіцієнтів, які приймаються за максимальними значеннями коефіцієнтів для кожної фази світлофорного регулювання. Такий підхід забезпечує пропуск транспортних потоків найбільшої інтенсивності та є основою для подальшого визначення оптимальної тривалості світлофорного циклу.

Для першої фази як розрахункове приймаємо максимальне значення фазового коефіцієнта, яке становить 0,427. Для другої фази аналогічно розрахунковий фазовий коефіцієнт дорівнює 0,367. Отримані значення характеризують ступінь завантаженості транспортних потоків у відповідних фазах регулювання та використовуються при визначенні ефективних параметрів роботи світлофорного об'єкта.

На основі визначених розрахункових фазових коефіцієнтів виконуємо узагальнення результатів розрахунків і формуємо табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку фазових коефіцієнтів

Номер фази регулювання Номер підходу	Фаза І		Фаза ІІ	
	1	2	3	4
Інтенсивність руху, авт./год	1249	1384	1074	1194
Потік насичення, авт./год	3241	3239	3266	3255
Фазовий коефіцієнт	0,385	0,427	0,329	0,367
Розрахунковий фазовий коефіцієнт	0,427		0,367	

Визначаємо тривалість проміжного такту:

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

де V_a – швидкість руху автомобіля, км/год;

a_t – середнє сповільнення автомобіля, м/с²;

l_j – відстань від стоп-лінії до самою дальньої конфліктної точки перетинання потоків, м;

l_a – середня довжина автомобіля, м.

$$t_n = \frac{48}{7,2 \cdot 4} + \frac{3,6 \cdot (14,1 + 5,3)}{48} = 4 \text{ с.}$$

Визначаємо тривалість світлофорного циклу:

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

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.

$$T_n = 4 + 4 = 8 \text{ с.}$$

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

$$Y = 0,427 + 0,367 = 0,794.$$

$$T_y = \frac{1,5 \cdot 8 + 5}{1 - 0,794} = 83 \text{ с.}$$

Визначаємо час перетину пішоходами проїзної частини:

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

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

$$t_{nu(1,2)} = \frac{13,6}{1,3} + 5 = 15 \text{ с.}$$

$$t_{nu(3,4)} = \frac{13,6}{1,3} + 5 = 15 \text{ с.}$$

Визначасмо час основних тактів:

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

$$t_{o1} = \frac{(83 - 8) \cdot 0,427}{0,794} = 40 \text{ с.}$$

$$t_{o2} = \frac{(83 - 8) \cdot 0,367}{0,794} = 35 \text{ с.}$$

Розраховуємо середню затримку на 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 $t_{\Delta Pj}$ – середня затримка в j -ому напрямку руху, с.

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

де λ – відношення часу основного такту до часу циклу.

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

$$\lambda_1 = 40/83 = 0,482; \lambda_2 = 35/83 = 0,422.$$

Визначасмо ступінь насичення напрямків рухом:

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

$$X_{1(1-2, 1-3, 1-4)} = \frac{1249 \cdot 83}{3241 \cdot 40} = 0,800.$$

$$X_{1(2-1, 2-3, 2-4)} = \frac{1384 \cdot 83}{3239 \cdot 40} = 0,887.$$

$$X_{2(3-1, 3-2, 3-4)} = \frac{1074 \cdot 83}{3266 \cdot 35} = 0,780.$$

$$X_{2(4-1, 4-2, 4-3)} = \frac{1194 \cdot 83}{3255 \cdot 35} = 0,870.$$

Затримка у напрямках 1-2, 1-3 та 1-4 дорівнює:

$$t_{\Delta Pj(1-2, 1-3, 1-4)} = 0,9 \cdot \left[\frac{83 \cdot (1 - 0,482)^2}{2 \cdot (1 - 0,482 \cdot 0,800)} + \frac{0,800^2}{2 \cdot 1249 \cdot (1 - 0,800)} \right] = 16,31 \text{ с.}$$

Затримки для іншими напрямків представлено у табл. 3.2.

Середня затримка на перехресті складає:

$$\overline{t_{\Delta P}^{**}} = \frac{16,31 \cdot 1249 + 17,50 \cdot 1384 + 18,61 \cdot 1074 + 19,73 \cdot 1194}{1249 + 1384 + 1074 + 1194} = 17,99 \text{ с.}$$

Аналогічно розраховуємо затримки за існуючих параметрів світлофорного регулювання (табл. 3.3).

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку затримок для запропонованих параметрів регулювання

Номер фази регулювання Номер підходу	Фаза І		Фаза ІІ	
	1	2	3	4
Основний такт, с	40		35	
Проміжний такт, с	4		4	
Цикл регулювання, с	83			
Потік насичення, авт./год	3241	3239	3266	3255
Інтенсивність руху, авт./год	1249	1384	1074	1194
Відношення тривалості основного такту до часу світлофорного циклу	0,482	0,482	0,422	0,422
Ступінь насичення	0,800	0,887	0,780	0,870
Затримка за напрямками руху, с.	16,31	17,50	18,61	19,73
Середня затримка, с	17,99			

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку затримок для існуючих параметрів регулювання

Номер фази регулювання	Фаза І		Фаза ІІ	
Номер підходу	1	2	3	4
Основний такт, с	45		40	
Проміжний такт, с	4		4	
Цикл регулювання, с	93			
Потік насичення, авт./год	3241	3239	3266	3255
Інтенсивність руху, авт./год	1249	1384	1074	1194
Відношення тривалості основного такту до часу світлофорного циклу	0,484	0,484	0,430	0,430
Ступінь насичення	0,796	0,883	0,765	0,853
Затримка за напрямками руху, с.	18,14	19,47	20,25	21,47
Середня затримка, с	19,79			

Визначаємо зміну середньої затримки у разі впровадження запропонованих параметрів регулювання:

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

$$\Delta t = 19,79 - 17,99 = 1,80 \text{ с.}$$

Отримане значення скорочення середньої затримки вказує на доцільність впровадження запропонованих параметрів регулювання.

3.3 Висновки по розділу

1. Запропоновано схему організації дорожнього руху на перехресті та його оснащення технічними засобами. На підставі аналізу інтенсивності транспортних потоків обґрунтовано застосування двофазної схеми світлофорного регулювання, що забезпечує безпечний і ефективний пропуск транспортних та пішохідних потоків.

2. У результаті розрахунків визначено основні параметри світлофорного регулювання. Встановлено, що розрахункові фазові коефіцієнти становлять 0,427 для першої фази та 0,367 для другої. На їх основі визначено раціональну тривалість світлофорного циклу, яка складає 83 с, у тому числі тривалість проміжних тактів - 4 с (для кожної фази регулювання), а основних тактів: 40 с та 35 с відповідно. Отримані параметри забезпечують пропуск транспортних потоків із урахуванням їх фактичної інтенсивності та ступеня завантаженості підходів до перехрестя.

3. Виконано оцінювання ефективності запропонованих параметрів регулювання шляхом визначення середньої затримки транспортних засобів на перехресті. За результатами розрахунків встановлено, що середня затримка після впровадження запропонованої схеми організації руху становить 17,99 с, тоді як за існуючих параметрів світлофорного регулювання вона дорівнює 19,79 с. Таким чином, реалізація запропонованих заходів забезпечує скорочення середньої затримки транспортних засобів на 1,80 с, що свідчить про підвищення ефективності дорожнього руху на перехресті.

ВИСНОВКИ

1. Розглянуто теоретичні засади організації міських пасажирських перевезень та визначено основні етапи проектування перевізного процесу, до яких належать формування маршрутної мережі, вибір рухомого складу, розробка розкладу руху та організація дорожнього руху на маршрутах. Обґрунтовано систему показників, що застосовується для оцінювання ефективності функціонування маршрутної мережі та якості транспортного обслуговування населення.

2. За результатами розрахунків встановлено, що максимальний пасажиропотік на досліджуваному маршруті становить 296 пас./год. На основі техніко-економічного порівняння двох альтернативних моделей автобусів визначено, що найбільш раціональним для роботи на маршруті є автобус ЗАЗ А08, експлуатаційні витрати якого становлять 1528,85 грн/год, що є меншим порівняно з автобусом Ataman A092H6.

3. Виконано розрахунок основних техніко-експлуатаційних показників маршруту, згідно з яким для забезпечення перевезень необхідно 6 автобусів. У цьому випадку плановим інтервалом руху становитиме 8,5 хв.

4. За результатами прогнозування перспективних обсягів перевезень встановлено тенденцію до зростання транспортного попиту. Очікується, що у 2026 році річний обсяг перевезень становитиме 2099654 пасажири, що на 44983 пасажири або 2,19 % більше порівняно з 2025 роком. Отримані результати підтверджують необхідність подальшого вдосконалення організації перевезень, оптимізації режимів роботи маршруту та адаптації параметрів транспортного обслуговування до прогнозованих змін транспортного попиту.

5. На підставі максимального годинного пасажиропотоку визначено потребу в рухомому складі для кожного періоду роботи маршруту.

Встановлено, що максимальна потреба становить 6 автобусів, а мінімальна 3 одиниці. Це дало змогу скоригувати кількість транспортних засобів відповідно до фактичного транспортного попиту та забезпечити раціональне використання рухомого складу. За результатами розрахунків визначено інтервали руху автобусів у різні години доби, які змінюються від 8,5 хв у періоди найбільшого пасажиропотоку до 17,0 хв у міжпікові години.

6. Розроблено графік роботи водіїв і транспортних засобів. За результатами його оцінювання встановлено, що коефіцієнт ефективності побудови становить 0,944, що свідчить про раціональну організацію роботи автобусів та можливість використання розробленого графіка для складання маршрутного розкладу.

7. Відповідно до визначених інтервалів руху побудовано стрічковий графік роботи автобусів, на основі якого складено маршрутний розклад руху. На його підставі визначено час виїзду та заїзду кожного випуску до автотранспортного підприємства, а також час перебування автобусів у наряді. Аналіз отриманих результатів показав, що тривалість роботи водіїв відповідає вимогам чинного трудового законодавства та нормативним вимогам щодо організації праці водіїв.

8. Запропоновано схему організації дорожнього руху на перехресті та його оснащення технічними засобами. На підставі аналізу інтенсивності транспортних потоків обґрунтовано застосування двофазної схеми світлофорного регулювання, що забезпечує безпечний і ефективний пропуск транспортних та пішохідних потоків.

9. У результаті розрахунків визначено основні параметри світлофорного регулювання. Встановлено, що розрахункові фазові коефіцієнти становлять 0,427 для першої фази та 0,367 для другої. На їх основі визначено раціональну тривалість світлофорного циклу, яка складає 83 с, у тому числі тривалість проміжних тактів - 4 с (для кожної фази регулювання), а основних тактів: 40 с та 35 с відповідно. Отримані параметри

забезпечують пропуск транспортних потоків із урахуванням їх фактичної інтенсивності та ступеня завантаженості підходів до перехрестя.

10. Виконано оцінювання ефективності запропонованих параметрів регулювання шляхом визначення середньої затримки транспортних засобів на перехресті. За результатами розрахунків встановлено, що середня затримка після впровадження запропонованої схеми організації руху становить 17,99 с, тоді як за існуючих параметрів світлофорного регулювання вона дорівнює 19,79 с. Таким чином, реалізація запропонованих заходів забезпечує скорочення середньої затримки транспортних засобів на 1,80 с, що свідчить про підвищення ефективності дорожнього руху на перехресті.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Давідіч Ю. О. Розробка розкладу руху транспортних засобів при організації пасажирських перевезень: навч. посіб. Харків: ХНАМГ, 2010. 345 с.
2. Босняк М.Г. Пасажирські автомобільні перевезення. Навчальний посібник. Київ: Слово, 2009. 272 с.
3. Вакуленко К. Є., Доля К. В. Управління міським пасажирським транспортом: навч. посібник. Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2015. 257 с.
4. Доля В. К. Пасажирські перевезення: підручник Харків: Форт, 2010. 504 с.
5. Кашканов В. А., Кашканов А. А., Варчук В. В. Організація автомобільних перевезень: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2017. 139 с.
6. 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.
7. Шапенко Є., Гульчак О., Котова С. Та ін. Дослідження наявних проблем організації міських пасажирських перевезень. *International Science Journal of Engineering & Agriculture*. 2023. № 2(4). С. 87-95.
8. Лежнева О. І. Організація перевезень пасажирів у містах: Навчальний посібник. Харків: Точка, 2010. 311 с.
9. Понкратов Д. П., Давідіч Н. В. Рациональні сфери використання автобусів різного класу пасажиромісткості. *Автомобильный транспорт*. Харків, 2018. Вип. 43. С. 71–77.
10. Чуйко С. П., Шумляківський В. П. Основні параметри і предмет розвитку маршрутної мережі автобусних міських перевезень. *Вчені записки таврійського національного університету імені В. І. Вернадського*. 2022. Т. 33 (72), № 5. С. 337-342.

11. Ceder A. Public transit planning and operation: theory, modeling and practice. Oxford: Elsevier, 2007. 626 p.

12. Лобашов О. О., Прасоленко О. В. Практикум з дисципліни «Організація дорожнього руху»: навч. посіб. Харків: ХНАМГ. 2011. 221 с.

13. Кашканов А. А., Кужель В. П. Організація дорожнього руху: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ. 2017. 125 с.