

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 8036 пасажирів**

Виконав: студент 3 курсу, групи ТТ 2023-1у
спеціальності 275 Транспортні
технології (за видами)

Самохін Є. В.

Керівник Понкратов Д. П.

Рецензент Воронько В. В.

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**

Самохіну Євгену Вікторовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Проектування організації перевезень на міському
автобусному маршруті з добовим обсягом перевезень 8036 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. ТСЛІ 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)

Самохін Є. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Понкратов Д. П.

(прізвище та ініціали)

Додаток

до завдання на кваліфікаційну роботу

Таблиця 1 – Пасажирообмін зупинних пунктів у годину «пік»

Номер зупинного пункту	Прямий напрямок		Номер зупинного пункту	Зворотний напрямок	
	Кількість пасажирів, що увійшло у транспортний засіб, пас.	Кількість пасажирів, що вийшло з транспортного засобу, пас.		Кількість пасажирів, що увійшло у транспортний засіб, пас.	Кількість пасажирів, що вийшло з транспортного засобу, пас.
1	524	0	10	356	0
2	82	12	9	60	5
3	48	17	8	37	11
4	52	23	7	35	18
5	23	31	6	32	21
6	17	32	5	26	32
7	16	39	4	17	34
8	11	52	3	9	48
9	7	61	2	7	51
10	0	513	1	0	359

Таблиця 2 – Довжина перегонів маршруту

Номер перегону	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10
Довжина перегону, км	0,93	1,03	1,17	1,12	0,87	0,91	0,98	0,75	0,89

Таблиця 3 - Параметри маршруту

Показники	Значення
Експлуатаційна швидкість, км/год	20
Технічна швидкість, км/год	28
Відстань нульового пробігу, км	3,3
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	277784	303555	333869
Лютий	291525	288528	269933
Березень	264582	291017	303343
Квітень	293141	280258	301625
Травень	293141	292521	281178
Червень	290178	322132	341730
Липень	262426	254641	256273
Серпень	246799	259119	283399
Вересень	289369	321234	307459
Жовтень	289369	269654	274706
Листопад	284250	306271	300371
Грудень	295297	283222	294054

Таблиця 5 - Коефіцієнти добової нерівномірності пасажиропотоку

Години доби	5 ⁰⁰ -6 ⁰⁰	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
Коефіцієнт нерівномірності	0,22	0,77	1	0,81	0,53	0,41	0,37	0,31	0,47	0,66	0,91	0,88	0,72	0,56	0,42	0,32	0,22	0,17

Таблиця 6 – Характеристики дорожнього руху на перехресті

Номер підходу до перехрестя	1			2		
Кількість смуг руху, од.	2			2		
Ширина першої смуги руху (другої), м	3,3 (2,9)			3,3 (2,9)		
Напрямок руху	1-2	1-3	1-4	2-1	2-4	2-3
Інтенсивність руху, авт./год	1080	97	309	1092	93	282
Інтенсивність пішохідних потоків, пас./год	333			278		
Номер підходу до перехрестя	3			4		
Кількість смуг руху, од.	2			2		
Ширина першої смуги руху (другої), м	3,3 (2,9)			3,3 (2,9)		
Напрямок руху	3-4	3-2	3-1	4-3	4-1	4-2
Інтенсивність руху, авт./год	703	85	167	632	91	197
Інтенсивність пішохідних потоків, пас./год	222			272		

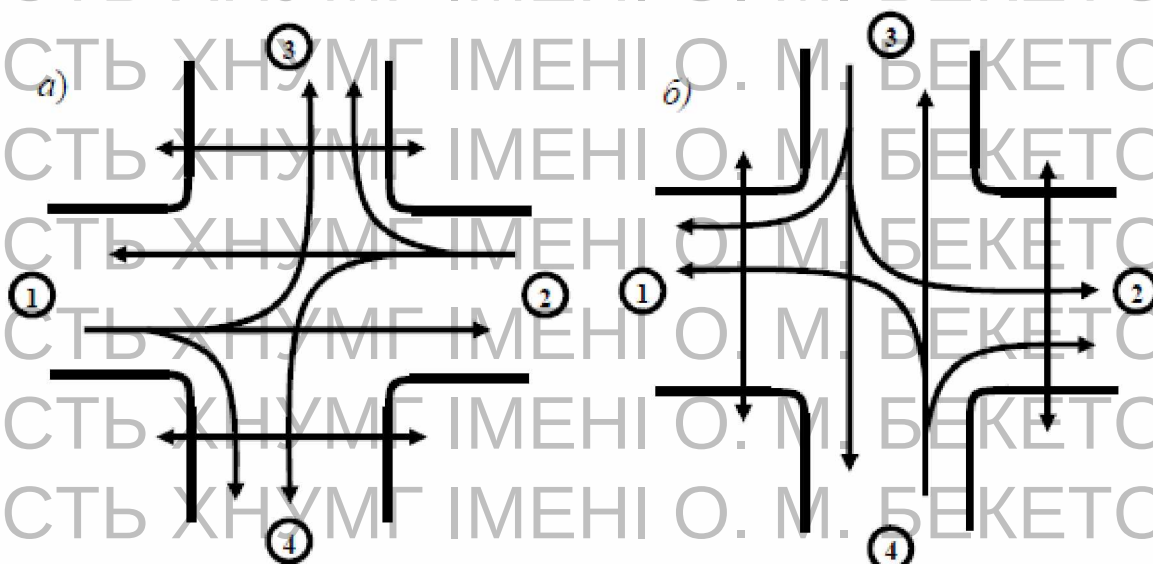


Рисунок 1 – Існуюча схема пофазного розізду:

а) І фаза; б) ІІ фаза.

Таблиця 7 – Характеристики існуючого циклу світлофорного регулювання

Номер фази	1	2
Час основного такту, с	55	40
Час проміжного такту, с	4	4
Час циклу, с	103	

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

РЕФЕРАТ

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

Об'єкт дослідження: міський автобусний маршрут з добовим обсягом перевезень 8036 пасажирів.

Метою роботи є розробка заходів з організації пасажирських перевезень на міському автобусному маршруті з добовим обсягом перевезень 8036 пасажирів.

Метод дослідження: аналітичний.

У кваліфікаційній роботі на підставі аналізу щільності пасажиропотоку та результатів оцінювання експлуатаційних витрат обґрунтовано доцільність використання для обслуговування маршруту восьми автобусів Etalon A148.

За результатами виконаних розрахунків розроблено стрічковий графік руху та складено маршрутний розклад роботи транспортних засобів. Для досліджуваного перехрестя спроектовано схему розміщення технічних засобів організації дорожнього руху й визначено раціональні параметри світлофорного регулювання. Проведені розрахунки підтвердили ефективність запропонованого рішення, оскільки його впровадження забезпечує скорочення середньої затримки транспортних засобів на перехресті на 1,14 с.

Рекомендації з впровадження: розробки можуть бути використані при удосконаленні перевезень пасажирів у містах.

МАРШРУТ, ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ, РОЗКЛАД РУХУ,
ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ, СВІТЛОФОРНИЙ ЦИКЛ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
Розділ 1 ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ.....	10
1.1 Аналіз методів удосконалення обслуговування пасажирів на міських маршрутах.....	10
1.2 Визначення пасажиропотоків на маршруті.....	19
1.3 Вибір марки транспортних засобів.....	22
1.4 Визначення експлуатаційних показників процесу перевезень.....	28
1.5 Прогнозування обсягів перевезень.....	32
1.6 Висновки по розділу.....	33
Розділ 2 РОЗРОБКА РОЗКЛАДУ РУХУ.....	32
2.1 Визначення потрібної кількості автобусів.....	35
2.2 Складання графіка роботи водіїв і транспортних засобів на маршруті.....	40
2.3 Складання розкладу руху транспортних засобів на маршруті.....	42
2.4 Висновки по розділу.....	50
Розділ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ МАРШРУТУ.....	51
3.1 Розробка схеми розміщення засобів організації дорожнього руху на перехресті.....	51
3.2 Розробка схеми пофазного роз'їзду.....	52
3.3 Визначення раціональних параметрів функціонування світлофорного об'єкту.....	57
3.4 Висновки по розділу.....	65
ВИСНОВКИ.....	67
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	70

					ННІЕІТІ ТСЛ ТТ 2023-1у ТТ XXX...Х ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка		
Розроб.		Самохін Є.В.					
Перевір.		Понкратов Д.П.					
Н. контр.		Бурко Д.Л.					
Затв.		Куш Є.І.					
					Літера	Аркуш	Аркушів
					о п у	8	70
					ХНУМГ		

ВСТУП

Організація ефективних міських пасажирських перевезень є одним із найважливіших напрямів розвитку сучасної транспортної системи. Інтенсивне зростання чисельності населення міст, розширення територій забудови, підвищення рівня автомобілізації та збільшення мобільності населення зумовлюють постійне зростання потреби у якісному громадському транспорті. За таких умов особливого значення набуває створення транспортної системи, яка забезпечуватиме безпечні, комфортні, доступні та екологічно безпечні перевезення пасажирів, одночасно підтримуючи високий рівень пропускної спроможності міської вулично-дорожньої мережі.

Незважаючи на постійний розвиток транспортної інфраструктури, у багатьох містах зберігається низка проблем, що негативно впливають на ефективність роботи громадського транспорту. До них належать перевантаження окремих ділянок дорожньої мережі, затримки руху автобусів, недостатньо обґрунтована маршрутна мережа, нерівномірний розподіл пасажиропотоків, недосконалі графіки руху та значний ступінь зношеності рухомого складу. У сукупності ці фактори призводять до зниження регулярності перевезень, збільшення часу поїздки і погіршення якості транспортного обслуговування населення.

Удосконалення системи міських пасажирських перевезень має важливе соціальне, економічне та екологічне значення. Підвищення ефективності організації транспортного процесу сприяє скороченню експлуатаційних витрат перевізників, покращенню доступності міських територій, підвищенню рівня транспортної мобільності населення та зростанню привабливості громадського транспорту. Одночасно оптимізація маршрутної мережі, раціональне використання рухомого складу й упровадження сучасних методів управління перевезеннями дозволяють зменшити обсяги

шкідливих викидів, скоротити рівень шумового навантаження та покращити екологічний стан міського середовища.

Саме тому актуальним завданням є комплексне дослідження функціонування системи міських пасажирських перевезень, аналіз існуючих недоліків і визначення напрямів її вдосконалення. Досягнення цієї мети потребує застосування сучасних методів аналізу пасажиропотоків, оптимізації маршрутної мережі, удосконалення розкладів руху, раціонального вибору рухомого складу та впровадження інноваційних технологій управління транспортними процесами, що забезпечить підвищення ефективності функціонування міського громадського транспорту в цілому.

РОЗДІЛ 1

ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

1.1 Аналіз методів удосконалення перевезень пасажирів на міських маршрутах

Основними напрямками підвищення ефективності транспортного обслуговування пасажирів на міських автобусних маршрутах є такі [1–11]:

- дослідження закономірностей формування та розподілу пасажиропотоків;
- регулювання часу початку роботи підприємств, установ і організацій;
- оптимізація маршрутної мережі;
- удосконалення та розвиток вулично-дорожньої інфраструктури;
- збільшення кількості транспортних засобів на маршрутах у години найбільшого навантаження, насамперед автобусів великої місткості;
- удосконалення способів організації руху громадського транспорту;
- розвиток систем диспетчерського керування та контролю руху на маршрутах;
- підвищення ефективності регулювання дорожнього руху.

Результати комплексного обстеження пасажиропотоків на всіх видах міського громадського транспорту дають змогу оцінити якість транспортного обслуговування на кожному маршруті, насамперед у години максимального попиту, а також визначити найбільш завантажені напрямки та ділянки маршрутної мережі. Аналіз отриманих даних свідчить, що періоди найбільшої інтенсивності перевезень на різних маршрутах не завжди збігаються в часі, оскільки пікове навантаження зміщується залежно від особливостей транспортного попиту.

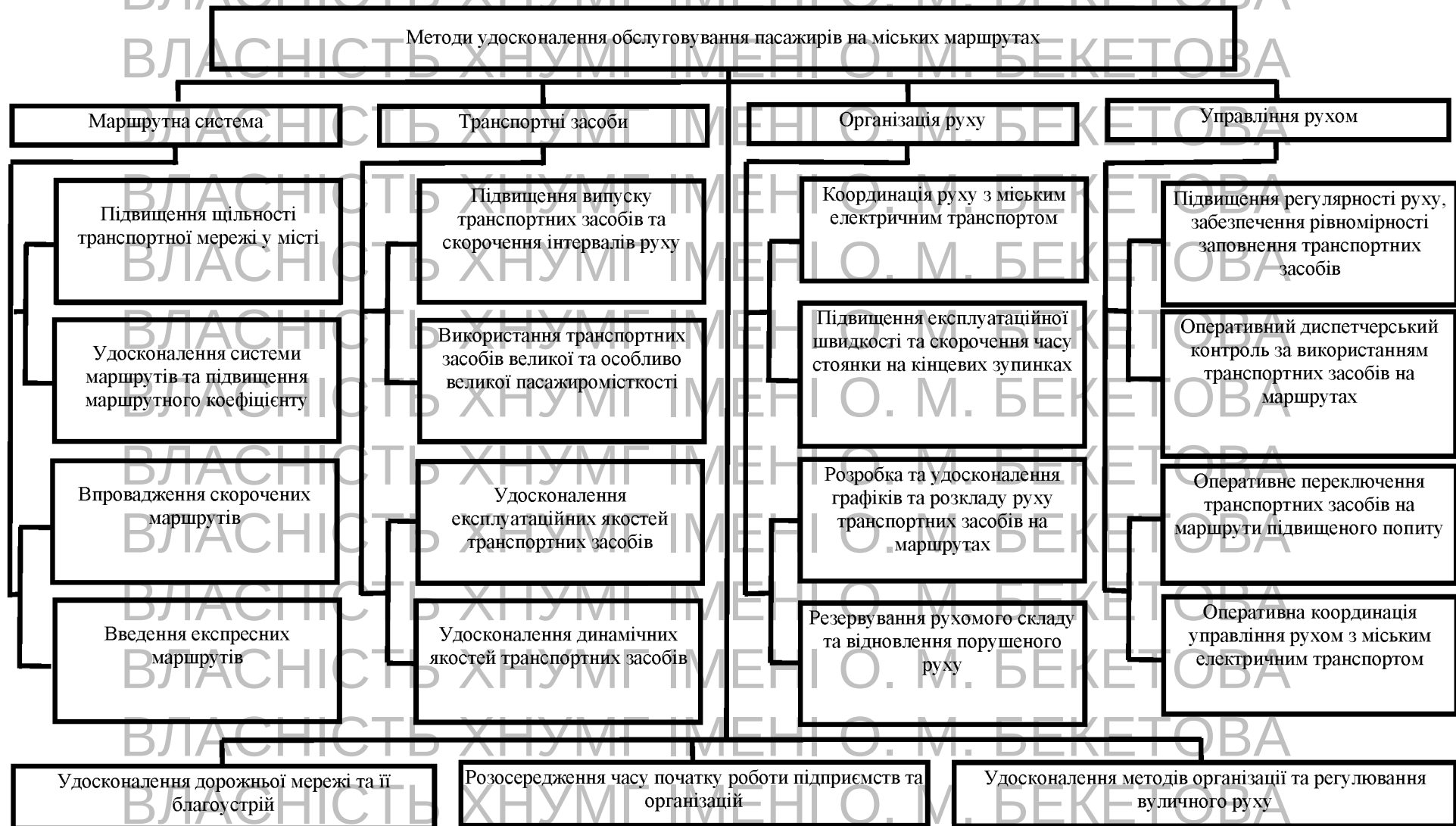


Рисунок 1.1 – Методи удосконалення перевезень пасажирів на міських маршрутах

У зв'язку з цим виникає необхідність дослідження внутрішньогодинної нерівномірності пасажиропотоків шляхом аналізу розподілу обсягів перевезень за окремими чвертями години у ранкові та вечірні години пік. Порівняння фактичних пасажиропотоків із кількістю автобусів, що працюють на маршрутах, дозволяє визначити перевантажені ділянки, оцінити рівень незадоволеного попиту та сформувати комплекс заходів щодо вдосконалення планування перевезень, організації й диспетчерського керування рухом транспортних засобів на окремих маршрутах і напрямках.

Зменшення нерівномірності пасажиропотоків досягається шляхом більш раціонального розміщення житлових районів відносно місць прикладання праці, розвитку нових транспортних магістралей, підвищення щільності маршрутної мережі, а також запровадження диференційованого часу початку роботи підприємств, установ та організацій [2, 4].

З метою зменшення нерівномірності пасажиропотоків у години найбільшого навантаження транспортні органи управління та автотранспортні підприємства беруть активну участь у розробленні генеральних планів розвитку міст, плануванні розміщення промислових підприємств, об'єктів соціально-культурного призначення та районів житлової забудови [5, 7–9].

Підвищення якості транспортного обслуговування населення значною мірою залежить від прийняття обґрунтованих рішень щодо раціонального розподілу часу початку та завершення роботи підприємств і організацій міста. Встановлення режимів їхньої роботи доцільно здійснювати з урахуванням територіального розташування об'єктів, дотримуючись територіально-виробничого принципу організації міського середовища [6].

Поряд із раціональним розподілом часу початку роботи великих підприємств важливо передбачати можливість запровадження гнучкого графіка початку роботи окремих установ і організацій. Доцільно встановлювати початок робочого часу не лише на початку кожної години, а й

із розподілом по її чвертях, що сприяє більш рівномірному розподілу пасажиропотоків упродовж години. Водночас завершення роботи другої зміни після 24:00 створює суттєві труднощі для організації роботи підприємств автомобільного транспорту, оскільки ускладнює забезпечення перевезень і раціональне використання рухомого складу [7, 8, 11].

Для обґрунтування раціонального розподілу часу початку та завершення роботи підприємств, установ і організацій міста здійснюється збір вихідної інформації шляхом анкетування. Під час обстеження фіксуються дані щодо чисельності працівників, а також часу початку і закінчення роботи за кожною зміною на підприємствах, в установах, організаціях та навчальних закладах. Отримані матеріали обробляються із застосуванням комп'ютерних технологій за відповідною методикою, що дозволяє визначити райони міста, окремі напрямки, ділянки маршрутної мережі та часові періоди з найбільшим транспортним навантаженням [1, 3, 4].

Одним із найбільш результативних напрямів підвищення якості транспортного обслуговування пасажирів у години найбільшого навантаження є вдосконалення маршрутної мережі. До таких заходів належать зменшення кількості пересадок, підвищення щільності транспортної мережі, а також розвиток укорочених, швидкісних і експресних маршрутів. Підвищення прямолінійності маршрутів та оптимізація їх протяжності сприяють скороченню тривалості поїздок пасажирів, особливо в години пік. Важливе значення має також узгодження маршрутної мережі всіх видів міського пасажирського транспорту. При цьому доцільно обмежувати дублювання маршрутів, коли автобуси, тролейбуси й трамваї одночасно працюють в одному напрямку. Кожен вид міського транспорту має власну сферу ефективного використання, тому впровадження необґрунтованих підвізних маршрутів у години пік призводить до збільшення кількості пересадок і не забезпечує належної ефективності перевезень. Удосконалення

маршрутної системи повинно здійснюватися комплексно, з урахуванням розподілу пасажиропотоків на всіх видах громадського транспорту та результатів аналізу кореспонденцій трудових поїздок населення [1, 4].

Розвиток і модернізація вулично-дорожньої мережі, а також підвищення щільності транспортних магістралей створюють передумови для вдосконалення маршрутної мережі та більш рівномірного розподілу пасажиропотоків. У результаті покращуються умови перевезення пасажирів, підвищується якість транспортного обслуговування та ефективність функціонування громадського транспорту. Належне утримання проїзної частини міських вулиць сприяє зменшенню зношування рухомого складу, підвищенню швидкості сполучення та забезпеченню комфортніших умов поїздок для пасажирів [1, 6, 8].

Автотранспортні підприємства спільно з органами управління транспортом здійснюють систематичний контроль технічного стану вулично-дорожньої мережі на автобусних маршрутах. Разом із дорожніми службами міста щороку розробляються плани ремонту дорожнього покриття на весняно-літній період, при цьому першочергова увага приділяється магістралям і маршрутам із найбільшою інтенсивністю пасажирських перевезень [4].

Одним із найважливіших напрямів удосконалення експлуатаційної діяльності пасажирських автотранспортних підприємств є забезпечення максимально можливого випуску рухомого складу на маршрути у години найбільшого попиту. Основна увага при цьому приділяється підвищенню ефективності використання автобусів та покращенню рівня транспортного обслуговування населення. Важливе значення має диференційований випуск транспортних засобів залежно від часу доби із забезпеченням максимальної кількості автобусів у години пік, насамперед великої та підвищеної місткості. Це дозволяє скоротити інтервали руху, зменшити час очікування пасажирів на зупинках і підвищити пропускну спроможність маршрутів.

Надійність роботи міського пасажирського транспорту забезпечується повним виконанням запланованих рейсів, недопущенням запізнень, зривів руху та передчасного повернення автобусів до автотранспортного підприємства. Досягненню цього сприяє формування резерву рухомого складу в добовому наряді АТП та його оперативне використання диспетчерською службою залежно від експлуатаційної ситуації. Розмір резерву визначається з урахуванням місцевих умов експлуатації, але має становити не менше 5 % від загальної кількості автобусів, що випускаються на маршрути протягом доби [1, 5, 6].

Рациональна організація руху автобусів у години найбільшого навантаження спрямована на зменшення переповненості рухомого складу та скорочення загального часу поїздки пасажирів. Досягнення цієї мети забезпечується дотриманням нормативних показників якості транспортного обслуговування, правильним визначенням потреби в автобусах підвищеної місткості та їх раціональним розподілом між маршрутами. Важливим чинником також є підвищення швидкості сполучення шляхом обґрунтованого нормування режимів руху, скорочення тривалості відстою автобусів на кінцевих зупинках у години пік, а також збільшення кількості швидкісних і експресних рейсів [7, 9].

До сучасних методів організації руху в години найбільшого пасажирського навантаження належать запровадження комбінованих режимів руху (звичайного та швидкісного), використання спареного руху автобусів великої місткості, а також експлуатація на одному маршруті транспортних засобів різної пасажиромісткості [1, 2, 5].

Використання комбінованих режимів руху з урахуванням структури пасажирських кореспонденцій сприяє більш ефективному використанню автобусів і скороченню часу доставки пасажирів. Частина транспортних засобів працює за звичайним графіком із раніше встановленими інтервалами, тоді як інша частина здійснює перевезення у швидкісному або експресному

режимі відповідно до окремого розкладу, у якому визначено час проходження кожного проміжного зупинного пункту та доведено його до відома пасажирів [5].

Організація спареного руху двох автобусів за єдиним графіком на найбільш завантажених маршрутах дозволяє істотно знизити рівень наповненості транспортних засобів і підвищити ефективність збору виручки. У міжпіковий період один із автобусів може перебувати у відстої на кінцевій зупинці або проходити технічне обслуговування. При цьому інтервали руху залишаються незмінними як у години пік, так і в міжпікові періоди, що забезпечує зручність для пасажирів.

Застосування на одному маршруті автобусів різної місткості дає можливість використовувати транспортні засоби особливо великої місткості лише у години максимального попиту, тоді як у решту часу експлуатуються автобуси середньої або малої місткості. Такий підхід дозволяє підтримувати постійний інтервал руху та підвищувати ефективність використання рухомого складу. Удосконалення методів організації руху автобусів у години пік повинно здійснюватися у взаємозв'язку з координацією роботи міського електричного транспорту та інших видів громадських перевезень [1, 7].

Поряд із забезпеченням повного виконання рейсів, передбачених маршрутним розкладом у години найбільшого навантаження, за умови підвищеного коефіцієнта випуску рухомого складу, особливу увагу необхідно приділяти дотриманню регулярності руху автобусів на кожному рейсі та забезпеченню стабільної роботи маршрутів у цілому. Досягнення цієї мети можливе завдяки вдосконаленню системи диспетчерського управління, а також запровадженню постійного, у тому числі автоматизованого, контролю за рухом транспортних засобів щонайменше на трьох-чотирьох контрольних пунктах кожного маршруту [4, 6].

Водночас важливого значення набуває вдосконалення методів оперативного регулювання руху автобусів і своєчасного їх перерозподілу на

маршрути з найбільшим попитом у години пік. Такі рішення приймаються на підставі інформації, що надходить до центральної диспетчерської служби про фактичне завантаження транспортних засобів та рівень транспортного обслуговування в окремих районах міста [5, 8].

Подальший розвиток централізованої системи управління рухом громадського транспорту пов'язаний із необхідністю оперативної координації роботи автобусів із міським електричним транспортом. Це досягається шляхом функціонування єдиної центральної диспетчерської служби, яка забезпечує узгоджене керування всіма видами міського пасажирського транспорту в години максимального транспортного навантаження [4].

Для зменшення затримок руху та ліквідації транспортних заторів, а також підвищення пропускної і провізної спроможності громадського транспорту транспортні служби обґрунтовують необхідність упровадження спеціальних заходів організації дорожнього руху, які забезпечують пріоритетний проїзд маршрутних транспортних засобів. Реалізація таких заходів сприяє підвищенню регулярності руху, скороченню часу поїздки пасажирів та покращенню ефективності функціонування міської транспортної системи. Така система повинна передбачати обмеження руху легкового (крім таксі) і вантажного транспорту на напрямках із високою інтенсивністю руху автобусів, тролейбусів і трамваїв, де їх частота досягає 60 транспортних засобів за годину; заборону стоянки автомобілів на вулицях, якими проходять декілька маршрутів громадського транспорту; облаштування виділених смуг для автобусів на перевантажених магістралях; застосування спеціальних режимів роботи світлофорних об'єктів; а також створення умов для організації швидкісного руху автобусів із мінімальною кількістю конфліктних перетинів транспортних потоків [7].

1.2 Визначення пасажиропотоків на маршруті

Пасажиропотоки визначаємо за формулою:

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

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

Q_{ei} , Q_{zi} - пасажирообмін i -ої зупинки, пас./год.

Пасажиропотік на перегоні 1 – 2:

$$F_{1-2} = 524 \text{ пас./год.}$$

Пасажиропотік на перегоні 2 – 3:

$$F_{2-3} = 524 + 82 - 12 = 594 \text{ пас./год.}$$

Результати інших розрахунків представлено у табл. 1.1. На підставі цих даних сформовано рис. 1.2 та рис. 1.3.

Визначаємо значення максимального пасажиропотоку:

$$F_{\max} = \max\{524; 594; 625; 654; 646; 631; 608; 567; 513; \dots 359\} = 654 \text{ пас./год.}$$

Обчислюємо обсяг перевезень:

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

Таблиця 1.1 – Пасажиропотоки на перегонах маршруту

Прямий напрямок				Зворотний напрямок			
Перегін маршруту	Довжина перегону, км	Величина пасажиропотоку, пас./год	Транспортна робота, пас. км	Перегін маршруту	Довжина перегону, км	Величина пасажиропотоку, пас./год	Транспортна робота, пас. км
1-2	0,93	524	487,3	10-9	0,89	356	316,8
2-3	1,03	594	611,8	9-8	0,75	411	308,3
3-4	1,17	625	731,3	8-7	0,98	437	428,3
4-5	1,12	654	732,5	7-6	0,91	454	413,1
5-6	0,87	646	562,0	6-5	0,87	465	404,6
6-7	0,91	631	574,2	5-4	1,12	459	514,1
7-8	0,98	608	595,8	4-3	1,17	442	517,1
8-9	0,75	567	425,3	3-2	1,03	403	415,1
9-10	0,89	513	456,6	2-1	0,93	359	333,9
Усього	8,65	5362	5176,8	Усього	8,65	3786	3651,2

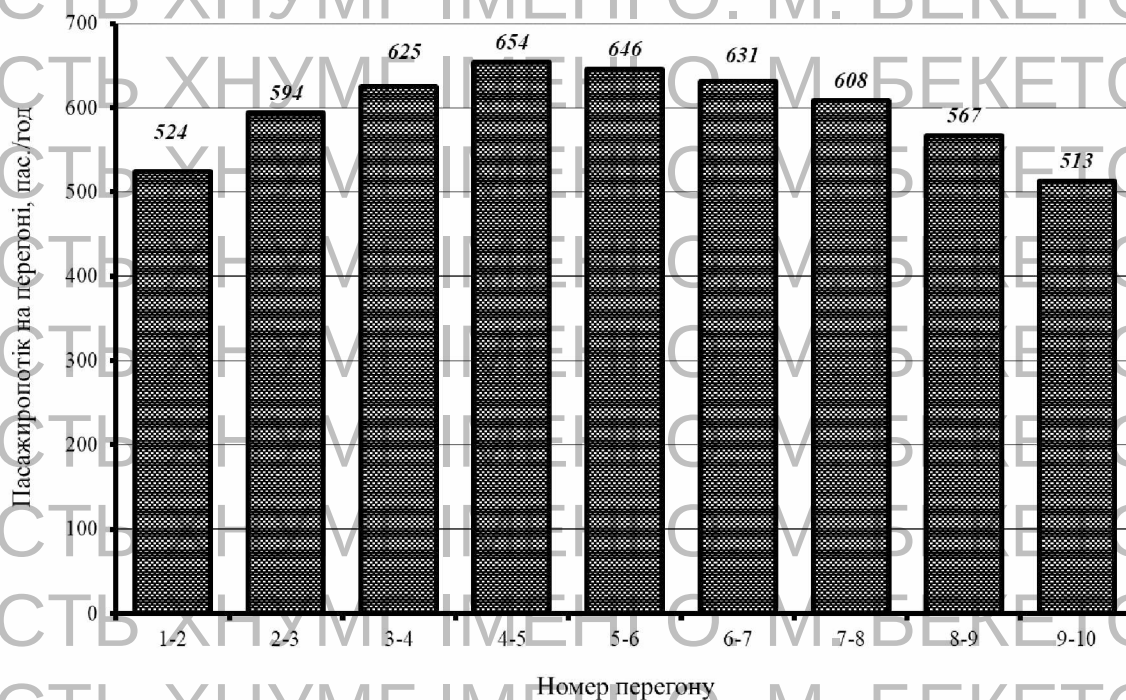


Рисунок 1.3 – Пасажиропотоки у прямому напрямку руху

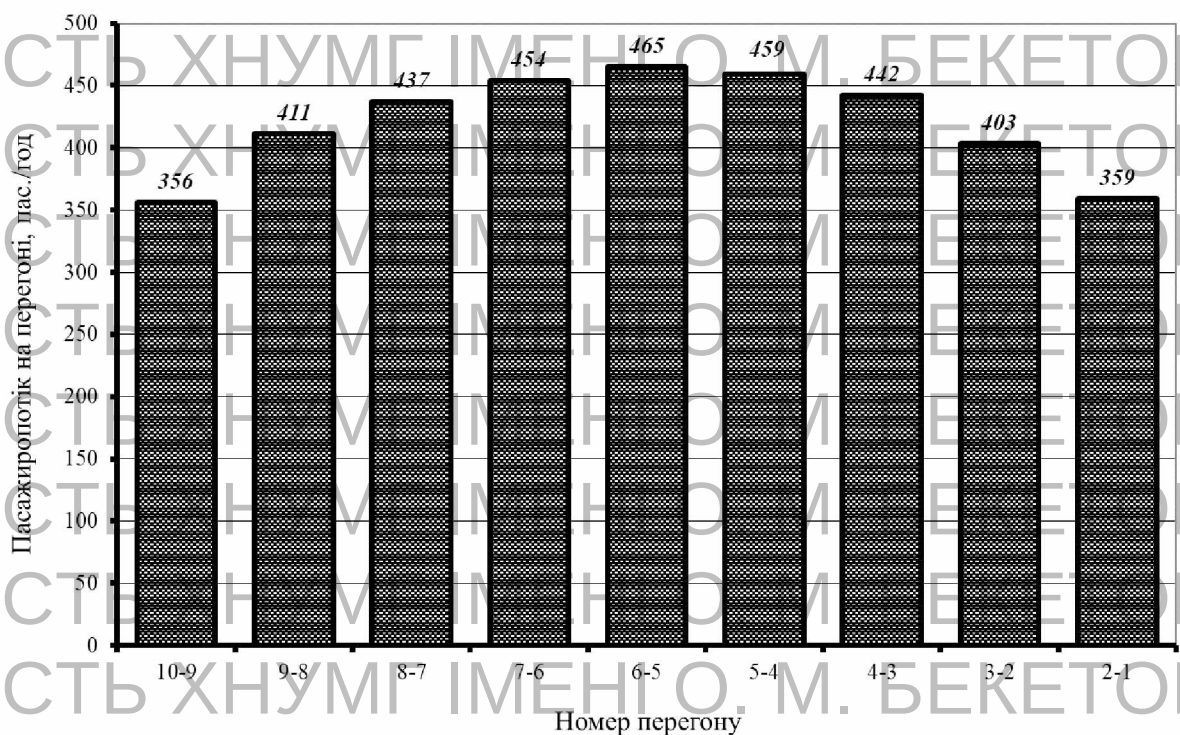


Рисунок 1.4 – Пасажиропотоки у зворотному напрямку руху

Для прямого напрямку:

$$Q = 524 + 82 + 48 + 52 + 23 + 17 + 16 + 11 + 7 = 780 \text{ пас.}$$

Для зворотного напрямку:

$$Q = 356 + 60 + 37 + 35 + 32 + 26 + 17 + 9 + 7 = 579 \text{ пас.}$$

Сумарний обсяг перевезених пасажирів:

$$Q = 780 + 579 = 1359 \text{ пас.}$$

Розраховуємо транспортну роботу на перегонах:

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

де l_{i-j} - довжина перегону, км.

Для перегону 1–2:

$$W_{1-2} = 0,93 \cdot 524 = 487,3 \text{ пас. км.}$$

Транспортна робота у прямому напрямку руху:

$$W = 487,3 + 611,8 + 731,3 + 732,5 + 562,0 + 574,2 + 595,8 + 425,3 + \\ + 456,6 = 5176,8 \text{ пас. км.}$$

У зворотному напрямку руху:

$$W = 316,8 + 308,3 + 428,3 + 413,1 + 404,6 + 514,1 + 517,1 + 415,1 + \\ + 333,9 = 3651,2 \text{ пас. км.}$$

Загальна транспортна робота:

$$W = 5176,8 + 3651,2 = 8828,0 \text{ пас. км.}$$

Далі обираємо марки автобусу.

1.3 Вибір марки автобусів

Відповідно до результатів аналізу пасажиропотоку, максимальна його потужність на маршруті становить 654 пас./год. Згідно з наявними

рекомендаціями щодо вибору рухомого складу залежно від величини пасажиропотоку, для забезпечення перевезень за таких умов доцільно використовувати автобуси малого класу пасажиромісткості [7]. Використання автобусів цієї категорії дозволяє забезпечити необхідну провізну здатність маршруту, підтримувати належний рівень комфортності перевезень та раціонально використовувати експлуатаційні ресурси. З урахуванням цього для подальшого техніко-економічного порівняння як альтернативні моделі рухомого складу розглядаються автобуси Etalon A148 та Iveco Urbanway. Їхні технічні характеристики наведені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Характеристики автобусів

Показник	Etalon A148	Iveco Urbanway
Тарифна ставка водія, грн./год	201,35	201,35
Норма відрахувань на соціальне страхування, %	37,5	37,5
Витрата палива, л/100 км	25,6	26,5
Експлуатаційна швидкість, км/год	20	20
Вартість палива, грн./л	77,43	77,43
Норма відрахувань на мастильні матеріали, %	10,2	10,2
Норма відрахувань на ТО і ремонт, грн./1000 км	5830	6193
Кількість коліс автобусу, од.	6	6
Вартість шини, грн.	5720	8632
Норма відрахувань на шини, %	3	3
Експлуатаційний пробіг шин, км	70000	70000
Кількість днів роботи, дні	365	365
Середній час в наряді, год	8,2	8,2
Відрахування на амортизацію, %	40	40
Вартість автобусу, грн.	4150000	4975000
Годинна ставка управлінського персоналу, грн/год.	210,11	210,11
Відрахування на накладні витрати, %	20	20

Для автобусів, обраних як альтернативні варіанти рухомого складу, виконується розрахунок експлуатаційних витрат за годину роботи на маршруті. Оцінювання цього показника дає змогу визначити рівень витрат, пов'язаних із виконанням перевезень, а також провести техніко-економічне порівняння розглянутих моделей. До складу експлуатаційних витрат включаються витрати на паливо, змащувальні матеріали, ТО і ремонт, оплату праці робітників, амортизацію та інші витрати, пов'язані з експлуатацією рухомого складу. Отримані результати є основою для вибору найбільш економічно доцільної марки автобуса. Для автобусів, що розглядаються, експлуатаційні витрати визначаємо так:

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

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

$B_{\text{п}}$ – витрати на паливо, грн./год;

$B_{\text{м}}$ – витрати на змащувальні матеріали, грн./год;

$B_{\text{ТОіР}}$ – витрати на ТО та ремонт, грн./год;

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

$B_{\text{а}}$ – амортизаційні витрати, грн./год;

$B_{\text{уп}}$ – витрати на ЗП адміністративного персоналу, грн./год;

$B_{\text{н}}$ – накладні витрати, грн./год.

Розраховуємо експлуатаційні витрати для Etalon A148.

Витрати на ЗП водія:

$$3П_{\text{в}} = \Gamma_{\text{мс}} \cdot \left(1 + \frac{C_{\text{сп}}}{100} \right), \quad (1.5)$$

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

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

$$3\Gamma_v = 201,35 \cdot \left(1 + \frac{37,5}{100}\right) = 276,86 \text{ грн.}$$

Витрати на паливо:

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

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

V_e – експлуатаційна швидкість, км/год;

$B_{1л}$ – вартість палива, грн./л.

$$B_n = \frac{25,6 \cdot 20 \cdot 77,43}{100} = 396,44 \text{ грн.}$$

Витрати на змащувальні матеріали:

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

де C_m – норматив відрахувань на змащувальні матеріали, %.

$$B_m = \frac{396,44 \cdot 10,2}{100} = 40,44 \text{ грн.}$$

Витрати на ТО та ремонт:

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

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

$$B_{TOIP} = \frac{5830 \cdot 20}{1000} = 116,60 \text{ грн.}$$

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 автобусу, од.;

$B_{ш}$ – вартість шини, грн.;

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

L_e – експлуатаційний пробіг, км;

D_p – дні роботи маршруту, дн.;

T_n – середній час в наряді.

$$B_{ш} = \frac{6 \cdot 5720 \cdot 3 \cdot 70000}{100 \cdot 1000 \cdot 365 \cdot 8,2} = 24,08 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію рухомого складу:

$$B_a = \frac{H_a \cdot C_6}{100 \cdot D_p \cdot T_n}, \quad (1.10)$$

де H_a – норма відрахувань на амортизацію, %;

$Ц_6$ – вартість автобусу, грн.

$$B_a = \frac{40 \cdot 4150000}{100 \cdot 365 \cdot 8,2} = 554,63 \text{ грн.}$$

Витрати на ЗП адміністративного персоналу:

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

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

$$B_{yn} = 210,11 \cdot (1 + 37,5/100) = 288,90 \text{ грн.}$$

Накладні витрати:

$$B_n = \frac{(ЗП_{\phi} + B_n + B_m + B_{ТОiP} + B_{ш} + B_a + B_{yn}) \cdot C_n}{100}, \quad (1.12)$$

де C_n – відсоток відрахувань, $C_n = 20$ %.

$$B_n = \frac{(276,86 + 396,44 + 40,44 + 116,60 + 24,08 + 554,63 + 288,90) \cdot 20}{100} = 339,59 \text{ грн.}$$

Експлуатаційні витрати для Etalon A148 дорівнюють:

$$З_{\text{год}} = 276,86 + 396,44 + 40,44 + 116,60 + 24,08 + 554,63 + 288,90 + 339,59 = 2037,53 \text{ грн.}$$

За аналогічною методикою виконуємо розрахунок експлуатаційних витрат автобуса Iveco Urbanway. Під час розрахунку враховуються ті самі складові витрат, що забезпечує коректність подальшого порівняння економічної ефективності розглянутих моделей рухомого складу.

Узагальнені результати виконаних розрахунків наведено в табл. 1.3, що дозволяє провести їх порівняльний аналіз та обґрунтувати вибір найкращого варіанта.

Таблиця 1.3 – Експлуатаційні витрати автобусів

Статті витрат	Марка автобуса	
	Etalon A148	Iveco Urbanway
Витрати на ЗП водія, грн./год	276,86	276,86
Витрати на паливо, грн./год	396,44	410,38
Витрати на змащувальні матеріали, грн./год	40,44	41,86
Витрати на ТО та ремонт, грн./год	116,60	123,86
Витрати на шини, грн./год	24,08	36,34
Витрати на амортизацію, грн./год	554,63	664,88
Витрати на ЗП адміністративного персоналу, грн./год	288,90	288,90
Накладні витрати, грн./год	339,59	368,62
Експлуатаційні витрати, грн./год	2037,53	2211,69

Результати розрахунку експлуатаційних витрат вказують на те, що для здійснення перевезень доцільно застосовувати автобуси Etalon A148, оскільки сумарні експлуатаційні витрати для автобусів цієї марки є меншими та складають 2037,53 грн.

Аналіз отриманих результатів свідчить, що для обслуговування маршруту найбільш економічно доцільним є використання автобусів Etalon A148. Порівняння розрахованих експлуатаційних витрат показало, що саме ця модель характеризується найменшими витратами на одну годину роботи серед розглянутих альтернатив. Сумарні експлуатаційні витрати для автобуса Etalon A148 становлять 2037,53 грн, що забезпечує зниження витрат перевізника та підвищує економічну ефективність організації перевезень. Отримані результати підтверджують доцільність вибору цієї моделі як рухомого складу для роботи на маршруті.

1.4 Розрахунок експлуатаційних показників перевезень

Розраховуємо час оберту:

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

де l_m - довжина маршруту, км;

V_e - експлуатаційна швидкість, км/год.

$$t_{об} = \frac{2 \cdot 8,6}{20} = 0,87 \text{ год} = 52 \text{ хв.}$$

Розраховуємо необхідну кількість рухомого складу:

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

де q_n - номінальна місткість, пас.

$$A = \frac{654 \cdot 0,8}{80} = 8 \text{ од.}$$

Інтервал руху:

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

$$I_{пл} = \frac{52}{8} = 6,5 \text{ хв.}$$

Середня відстань поїздки:

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

У прямому напрямку руху:

$$l_{cp} = \frac{5176,8}{780} = 6,64 \text{ км.}$$

У зворотному напрямку руху:

$$l_{cp} = \frac{3651,2}{579} = 6,31 \text{ км.}$$

Динамічний коефіцієнт заповнення:

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

Прямий напрямок:

$$\gamma_{\partial} = \frac{0,87 \cdot 5176,8}{8,65 \cdot 80 \cdot 8} = 0,809.$$

Зворотний напрямок:

$$\gamma_{\partial} = \frac{0,87 \cdot 3651,2}{8,65 \cdot 80 \cdot 8} = 0,571.$$

Статичний коефіцієнт заповнення:

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

де n - кількість перегонів, од.

$$\gamma_c = \frac{0,87 \cdot 5362}{9 \cdot 8 \cdot 80} = 0,805.$$

Зворотний напрямок:

$$\gamma_c = \frac{0,87 \cdot 3786}{9 \cdot 8 \cdot 80} = 0,569.$$

Коефіцієнт змінюваності:

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

Прямий напрямок:

$$\eta = \frac{8,7}{6,64} \times \frac{0,809}{0,805} = 1,31.$$

Зворотний напрямок:

$$\eta = \frac{8,7}{6,31} \times \frac{0,571}{0,569} = 1,38.$$

Отримані результати зводимо до табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Експлуатаційні показники

№ п/п	Показники	Напрямок руху	
		прямий	зворотний
1	Обсяг перевезень, пас.	1359	
2	Довжина маршруту, км	780	579
3	Експлуатаційна швидкість, км/год	8,65	
4	Час оборту, хв.	20	
5	Пасажиromісткість, пас.	52	
6	Марка	80	
7	Максимальний пасажиропотік, пас/год	Etalon A148	
8	Необхідна кількість автобусів, од.	654	
9	Інтервал руху, хв.	8	
10	Транспортна робота, пас. км	6,5	
11	Середня відстань поїздки, км	8828,0	
12	Динамічний коефіцієнт заповнення	5176,8	3651,2
13	Статичний коефіцієнт заповнення	6,64	6,31
14	Коефіцієнт змінюваності	0,350	0,247
		0,805	0,569
		1,31	1,38

1.5 Прогнозування обсягів перевезень

Для прогнозування майбутніх обсягів пасажирських перевезень використовується програмне середовище Microsoft Excel, яке забезпечує можливість статистичного аналізу вихідних даних та побудови прогнозної моделі. На основі отриманих розрахунків визначено очікувані значення обсягів перевезень на прогнозний період. Результати прогнозування систематизовано та наведено в табл. 1.5. Для наочного відображення динаміки зміни прогнозованих показників їх також подано у графічному вигляді за допомогою діаграми, зображеної на рис. 1.5, що полегшує аналіз тенденцій розвитку пасажиропотоків.

Таблиця 1.5 – Прогнозовані обсяги перевезень

Місяці	Обсяг перевезень, пас.			
	2023	2024	2025	2026 (прогнознi дані)
Січень	277784	303555	333869	308715
Лютий	291525	288528	269933	292848
Березень	264582	291017	303343	295146
Квітень	293141	280258	301625	285698
Травень	293141	292521	281178	297714
Червень	290178	322132	341730	315415
Липень	262426	254641	256273	267645
Серпень	246799	259119	283399	262671
Вересень	289369	321234	307459	314439
Жовтень	289369	269654	274706	288549
Листопад	284250	306271	300371	304553
Грудень	295297	283222	294054	306543
Σ	3377861	3472151	3547941	3579936



Рисунок 1.5 – Графік прогнозу

За результатами виконаного прогнозування встановлено, що у 2026 році очікується збільшення обсягів пасажирських перевезень. Згідно з прогнозною моделлю, кількість перевезених пасажирів зросте на 0,23 % відносно поточного рівня. Отримані результати свідчать про позитивну тенденцію зміни попиту на транспортні послуги та можуть бути використані під час планування роботи маршруту.

1.6 Висновки по розділу

1. Виконано дослідження основних параметрів організації перевезень на міському автобусному маршруті. Проведено розрахунок пасажиропотоків за перегонами маршруту, визначено максимальну потужність пасажиропотоку, яка становить 654 пас./год, обсяг перевезень - 1359 пасажирів, а транспортну роботу величиною 8828,0 пас. км. На підставі отриманих результатів обґрунтовано вибір рухомого складу та для подальшого аналізу розглянуто автобуси Etalon A148 і Iveco Urbanway.

2. Виконано техніко-економічне порівняння обраних моделей автобусів шляхом розрахунку їхніх експлуатаційних витрат. Встановлено, що найбільш економічно доцільним є використання автобуса Etalon A148, для якого експлуатаційні витрати становлять 2037,53 грн за годину роботи, що є менше порівняно з альтернативною моделлю. На основі обраного рухомого складу визначено основні експлуатаційні показники маршруту, зокрема необхідну кількість автобусів (8 одиниць), інтервал руху (6,5 хв.), середню дальність поїздки та коефіцієнти заповнення.

3. Здійснено прогнозування обсягів перевезень із використанням програмного середовища Microsoft Excel. Результати прогнозу свідчать про очікуване збільшення кількості перевезених пасажирів у 2026 році на 0,23 %, що підтверджує тенденцію до зростання попиту на перевезення та доцільність подальшого вдосконалення організації роботи маршруту.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА РОЗКЛАДУ РУХУ

2.1 Визначення необхідної кількості автобусів

Для визначення необхідної кількості автобусів у періоди доби, що не належать до години максимального навантаження, необхідно врахувати зміну інтенсивності пасажиропотоків протягом дня. Оскільки попит на перевезення є нерівномірним, використання розрахунків лише для години «пік» не забезпечує раціональної організації роботи маршруту. З цією метою проводиться аналіз добової нерівномірності пасажиропотоків із застосуванням коефіцієнтів годинної нерівномірності, які характеризують співвідношення величини пасажиропотоку в окремі години до його максимального значення. Використання цих коефіцієнтів дає змогу визначити потребу в рухомому складі для кожного періоду доби, оптимізувати інтервали руху автобусів і забезпечити ефективне використання транспортних засобів.

Для кожної години роботи маршруту визначаємо величину пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні. Цей показник є основою для подальшого розрахунку необхідної кількості автобусів, встановлення раціональних інтервалів руху та формування розкладу роботи рухомого складу відповідно до фактичної потреби у перевезеннях. Розрахунок виконується з урахуванням коефіцієнтів годинної нерівномірності пасажиропотоків, що дозволяє врахувати зміну попиту на транспортні послуги протягом доби та забезпечити ефективне використання автобусів. Значення пасажиропотоку на максимально завантаженому перегоні маршруту для кожної години функціонування визначаємо за формулою:

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

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

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

Для періоду 6:00-7:00:

$$F_{6:00-7:00} = 654 \cdot 0,22 = 144 \text{ пас./год.}$$

Для інших періодів результати розрахунку зведено до табл. 2.1.

Необхідну кількість автобусів визначаємо так:

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

Таблиця 2.1 – Необхідна кількість автобусів

Час роботи	Коефіцієнт нерівномірності	Інтенсивність пасажиропотоку, пас./год	Необхідна кількість автобусів за розрахунком, од.	Скорогована кількість, од.	Інтервал руху, хв.
6:00 - 7:00	0,22	144	2	3	17,3
7:00 - 8:00	0,77	504	6	6	8,7
8:00 - 9:00	1	654	8	8	6,5
9:00 - 10:00	0,81	530	6	6	8,7
10:00 - 11:00	0,53	347	4	4	13,0
11:00 - 12:00	0,41	268	3	3	17,3
12:00 - 13:00	0,37	242	3	3	17,3

13:00 - 14:00	0,31	203	3	3	17,3
14:00 - 15:00	0,47	307	4	4	13,0
15:00 - 16:00	0,66	432	5	5	10,4
16:00 - 17:00	0,91	595	7	7	7,4
17:00 - 18:00	0,88	576	7	7	7,4
18:00 - 19:00	0,72	471	6	6	8,7
19:00 - 20:00	0,56	366	4	4	13,0
20:00 - 21:00	0,42	275	3	3	17,3
21:00 - 22:00	0,32	209	3	3	17,3
22:00 - 23:00	0,22	144	2	3	17,3
23:00 - 00:00	0,17	111	2	3	17,3

З 6:00 по 7:00 має працювати:

$$A_{6:00-7:00} = \frac{144 \cdot 0,87}{80} = 2 \text{ од.}$$

Для решти періодів функціонування автобусного маршруту аналогічні розрахунки виконано за наведеною методикою. Отримані результати подано в табл. 2.1, що відображає зміну розрахункових показників залежно від часу доби.

Максимальна кількість автобусів:

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

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

K_o - коефіцієнт дефіциту ТЗ.

$$A_{\max} = 8 \cdot 1 = 8 \text{ од.}$$

Мінімальна кількість автобусів:

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

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

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

На основі отриманих розрахункових значень мінімальної та максимальної потреби в рухомому складі виконується коригування фактичної кількості автобусів, що працюють на маршруті в різні періоди доби. Таке коригування дає змогу забезпечити відповідність між провізною спроможністю маршруту та величиною пасажиропотоку, підвищити ефективність використання автобусів і оптимізувати експлуатаційні витрати. Підсумкові результати скоригованої кількості транспортних засобів наведено в табл. 2.1. За результатами виконаних розрахунків будуються діаграми, що відображають зміну пасажиропотоку протягом доби (рис. 2.1) та зміну необхідної кількості автобусів для забезпечення перевезень відповідно до попиту на транспортні послуги (рис. 2.2).

Скоригована кількість транспортних засобів, визначена для кожної години роботи маршруту, використовується як вихідна інформація на наступних етапах організації перевізного процесу. На основі цих даних здійснюється розроблення графіка роботи водіїв, побудова графіка руху автобусів, а також складання маршрутного розкладу. Використання фактичної погодинної потреби в рухомому складі забезпечує раціональний розподіл автобусів протягом доби, сприяє ефективному використанню трудових і технічних ресурсів, підвищує регулярність руху та якість транспортного обслуговування пасажирів.

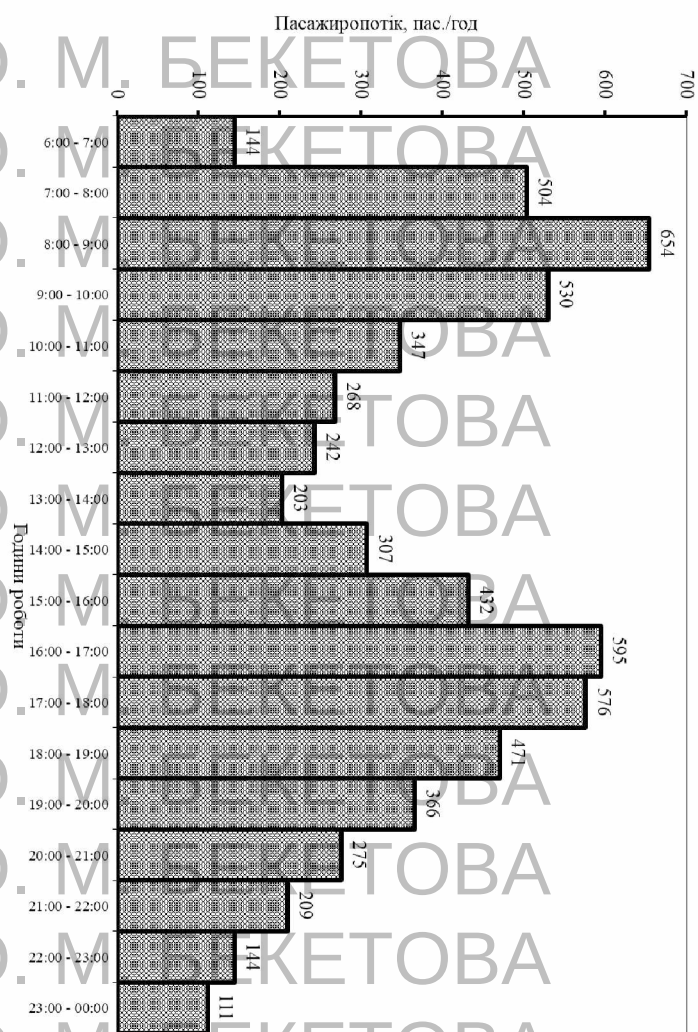


Рисунок 2.1 - Зміна пасажиропотоку

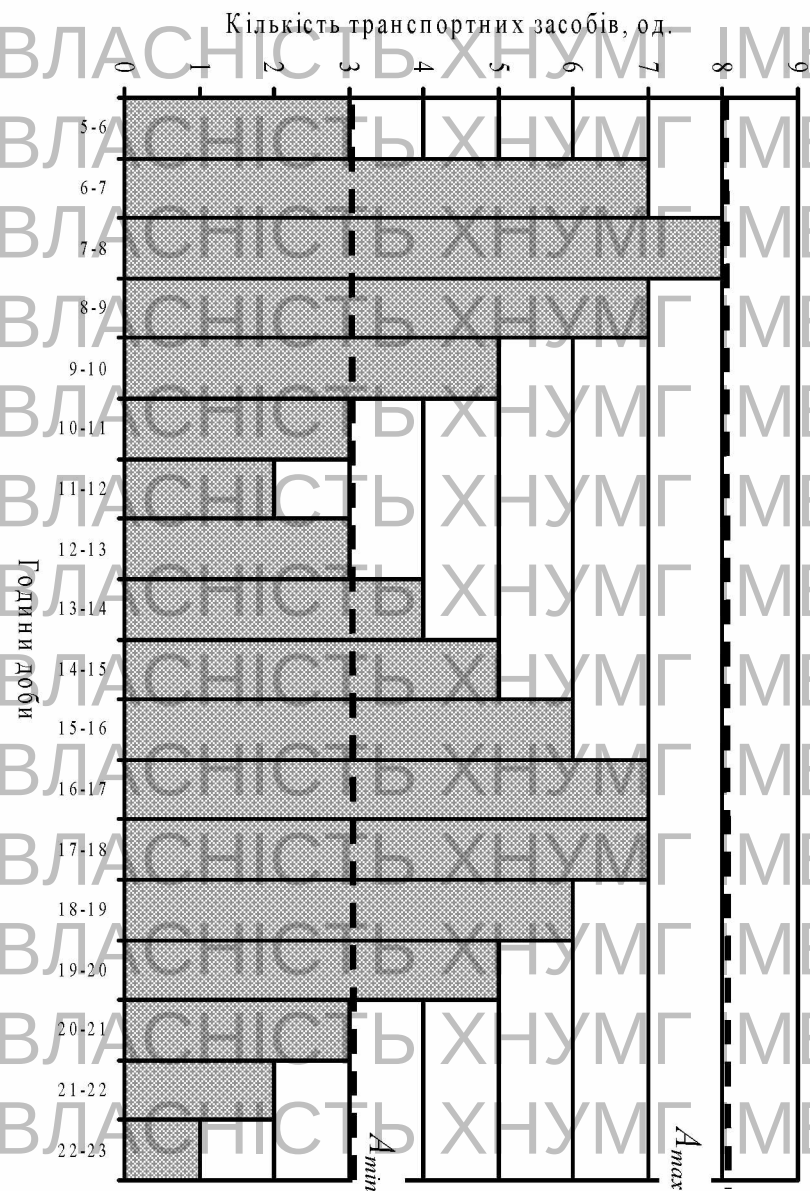


Рисунок 2.2 - Зміна необхідної кількості автобусів

Крім того, це дозволяє узгодити провізну спроможність маршруту з реальними обсягами пасажиропотоку в різні періоди доби та мінімізувати непродуктивні простої рухомого складу.

2.2 Складання графіка роботи водіїв і транспортних засобів

Під час розроблення графіка роботи водіїв та рухомого складу за основу приймаються результати розрахунку погодинної потреби в автобусах, отримані на попередньому етапі дослідження (рис. 2.2). Формування графіка здійснюється з урахуванням нерівномірності пасажиропотоків протягом доби, що дає змогу забезпечити відповідність кількості транспортних засобів фактичному попиту на перевезення та підвищити ефективність використання рухомого складу.

Під час складання графіка також враховуються встановлені режими праці та відпочинку водіїв відповідно до чинних вимог організації пасажирських перевезень. Для роботи на маршруті можуть застосовуватися такі режими:

- двозмінний режим, за якого тривалість робочої зміни становить від 7 до 10 годин, а перерва для відпочинку і харчування триває від 0,5 до 1,5 години та надається не раніше ніж після трьох годин безперервної роботи;
- перерваний режим, який передбачає загальну тривалість роботи водія від 8 до 10 годин із відстоєм транспортного засобу тривалістю від 3 до 5 годин між робочими періодами.

На підставі погодинної потреби в автобусах і зазначених режимів праці формується графік роботи транспортних засобів та водіїв, який наведено на рис. 2.3. Розроблений графік забезпечує раціональний розподіл автобусів на маршруті, оптимізацію використання робочого часу водіїв, дотримання нормативних вимог щодо режимів праці та відпочинку, а також підтримання

необхідної регулярності руху автобусів протягом усього періоду роботи маршруту.

Після завершення побудови графіка виконують оцінювання ефективності його організації шляхом визначення коефіцієнта ефективності роботи автобусів і водіїв, який характеризує рівень використання рухомого складу та трудових ресурсів на маршруті.

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

де AG_{nom} – автомобіле-години потрібні;

AG_{nob} – автомобіле-години побудовані.

$$K_{ef} = \frac{88}{91} = 0,967.$$

Розроблений графік роботи автобусів і водіїв вважається ефективним за умови, що значення коефіцієнта ефективності використання рухомого складу та робочого часу водіїв становить не менше 0,90. Досягнення такого показника свідчить про раціональну організацію експлуатації автобусів, збалансований розподіл транспортних засобів протягом доби та високий рівень використання трудових ресурсів. Крім того, це підтверджує відповідність розробленого графіка встановленим вимогам щодо організації перевізного процесу та забезпечення регулярності руху на маршруті. Оскільки отримане значення коефіцієнта задовольняє нормативний критерій, розроблений графік приймається для подальшого використання при складанні маршрутного розкладу руху автобусів, який визначає час відправлення, прибуття та інтервали руху транспортних засобів протягом усього періоду функціонування маршруту.

2.3 Складання розкладу руху транспортних засобів на маршруті

Маршрутний розклад руху є одним із ключових організаційно-планових документів, що регламентує функціонування автобусного маршруту та визначає порядок роботи рухомого складу протягом усього періоду його експлуатації. Саме розклад забезпечує узгодження роботи транспортних засобів із фактичними потребами пасажирів у перевезеннях, сприяє підвищенню регулярності руху та ефективному використанню наявних ресурсів перевізника.

Під час розроблення маршрутного розкладу враховуються результати дослідження пасажиропотоків, особливості режиму руху транспортних засобів на вулично-дорожній мережі, техніко-експлуатаційні характеристики маршруту, а також можливості автотранспортного підприємства щодо забезпечення необхідної кількості автобусів і водіїв. У цьому документі відображаються результати комплексної обробки вихідних даних, отриманих на попередніх етапах проєктування організації перевезень.

Маршрутний розклад деталізує час випуску автобусів на лінію, порядок їх роботи протягом зміни, час відправлення та прибуття до кінцевих зупинок, інтервали руху в різні періоди доби, а також розподіл транспортної роботи між окремими транспортними засобами. При його складанні обов'язково враховуються встановлені технологічні нормативи, режими праці та відпочинку водіїв, вимоги чинного трудового законодавства і необхідність забезпечення безпечної та безперебійної роботи маршруту.

Рационально складений маршрутний розклад дозволяє оптимізувати використання рухомого складу, забезпечити належний рівень транспортного обслуговування населення, мінімізувати непродуктивні простої автобусів та створити умови для стабільного й економічно ефективного функціонування міського автобусного маршруту.

Маршрутний розклад є основою для формування планового завдання щодо тривалості та режиму роботи кожного автобуса і кожної робочої зміни водіїв. На його підставі визначаються всі основні параметри функціонування рухомого складу на маршруті, що забезпечує узгоджену роботу транспортних засобів у часі та просторі відповідно до встановленої технології перевізного процесу.

Під час складання розкладу визначаються час випуску автобусів із автотранспортного підприємства, напрямок їх виїзду на маршрут, схема виконання нульових рейсів, а також час проходження контрольних пунктів. При цьому враховуються особливості зміни швидкості сполучення на різних ділянках маршруту та в окремі періоди доби, що дає змогу забезпечити дотримання встановлених інтервалів руху і високий рівень регулярності перевезень.

Крім цього, маршрутний розклад містить інформацію про час прибуття і відправлення автобусів на кінцевих зупинках, місця та тривалість відстою рухомого складу, перерви для відпочинку й харчування водіїв, а також організацію міжпікових технологічних перерв, необхідних для проведення технічного огляду або тимчасового відстою транспортних засобів як на території підприємства, так і на кінцевих станціях маршруту. У розкладі також визначаються місця та час зміни водіїв, завершення роботи на маршруті й повернення автобусів до автотранспортного підприємства після закінчення експлуатаційної зміни.

Таким чином, маршрутний розклад забезпечує комплексне планування експлуатаційної роботи автобусів і водіїв, дозволяє координувати всі етапи транспортного процесу, раціонально використовувати рухомий склад і трудові ресурси, а також створює необхідні умови для безпечного, регулярного та ефективного виконання пасажирських перевезень. Крім зазначених функцій, маршрутний розклад також дає можливість:

- здійснювати раціональний розподіл рухомого складу між маршрутами з урахуванням змін потреби у перевезеннях протягом доби;
- формувати графіки роботи водіїв на визначений плановий період (тиждень, місяць або інший розрахунковий інтервал), забезпечуючи дотримання вимог законодавства щодо режимів праці та відпочинку;
- визначати параметри організації руху автобусів, зокрема частоту руху, величину інтервалів та часові межі їх зміни, що є необхідною інформацією для роботи диспетчерської служби та систем інформування пасажирів;
- розраховувати основні техніко-експлуатаційні показники функціонування маршруту, серед яких загальний пробіг автобусів, машино-години роботи, експлуатаційна та швидкість сполучення, середня тривалість роботи одного автобуса і водійської зміни, а також загальна кількість виконаних рейсів;
- планувати проведення технічного обслуговування, профілактичних оглядів і ремонтів рухомого складу з метою підтримання його належного технічного стану;
- організовувати комплекс організаційно-технічних заходів, спрямованих на своєчасну підготовку автобусів до експлуатації, забезпечення їх справності та безперебійного випуску на маршрут;
- визначати плановий рівень транспортного обслуговування населення шляхом встановлення допустимих показників наповнюваності автобусів у різні періоди доби, а також забезпечувати необхідний рівень регулярності руху;
- оцінювати економічну ефективність функціонування маршруту, аналізуючи результати реалізації розробленого плану-розкладу, рівень використання рухомого складу, продуктивність роботи водіїв та витрати на виконання транспортної роботи.

Складання маршрутного розкладу як комплексного документа оперативного планування роботи рухомого складу не можна звести до простого вирішення окремих інженерних, організаційних чи економічних завдань. На всіх етапах його формування необхідно враховувати вплив численних чинників, що зумовлюють появу різних варіантів проміжних рішень. Саме тому під час розроблення розкладу застосовують методи логічного аналізу, комбінаторні підходи та евристичні прийоми.

Маршрутний розклад повинен бути складений таким чином, щоб забезпечити:

- належні умови посадки пасажирів протягом усього періоду роботи маршруту;
- відповідні умови праці для водіїв, які обслуговують автобуси;
- раціональне та ефективне використання рухомого складу;
- узгодження руху автобусів даного маршруту з роботою інших автобусних маршрутів і інших видів міського пасажирського транспорту;
- дотримання встановлених вимог безпеки дорожнього руху.

На першому етапі розраховуємо інтервали руху по годинах доби:

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

де $t_{об}$ — час оберту, хв.;

$A_{i-(i+1)}$ — кількість транспортних засобів працюючих на маршруті у відповідний період часу.

У період 6:00-7:00 інтервал становитиме:

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

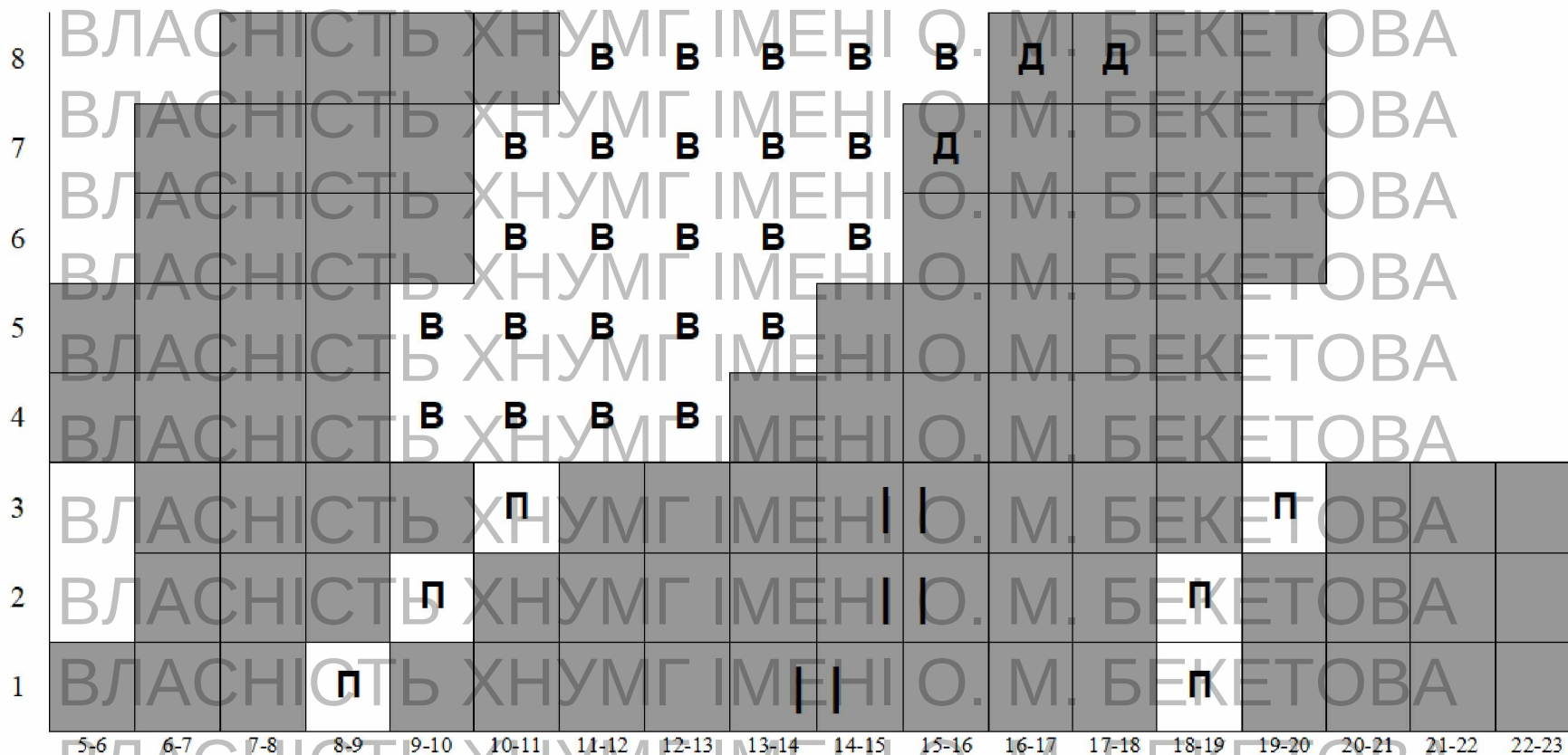


Рисунок 2.3 - Графік роботи водіїв і транспортних засобів на маршруті:

П – перерва; В – відстій; Д – додані автомобіле-години; / / - перезмінка водіїв.

Для інших періодів дані наведені у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Інтервали руху

Години роботи	6:00 - 7:00	7:00 - 8:00	8:00 - 9:00	9:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 13:00	13:00 - 14:00	14:00 - 15:00
Кількість транспортних засобів, од.	3	5	6	6	3	3	3	3	4
Інтервал руху, хв.	17,0	10,2	8,5	8,5	17,0	17,0	17,0	17,0	12,8
Години роботи	15:00 - 16:00	16:00 - 17:00	17:00 - 18:00	18:00 - 19:00	19:00 - 20:00	20:00 - 21:00	21:00 - 22:00	22:00 - 23:00	23:00 - 00:00
Кількість транспортних засобів, од.	4	5	6	6	3	3	3	3	3
Інтервал руху, хв.	12,8	10,2	8,5	8,5	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0

На основі розрахованих інтервалів руху будуємо стрічковий графік руху автобусів на маршруті (рис. 2.4). Використовуючи побудований графік, складаємо маршрутний розклад руху транспортних засобів, який наведено в табл. 2.3. Після розроблення маршрутного розкладу визначаємо час виїзду кожного автобуса з автотранспортного підприємства (АТП), необхідний для своєчасного початку роботи на маршруті:

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

де $t_{\text{відпрКЗ1}}$ - час відправлення у перший оберт;

t_0 - час здійснення нульового пробігу.

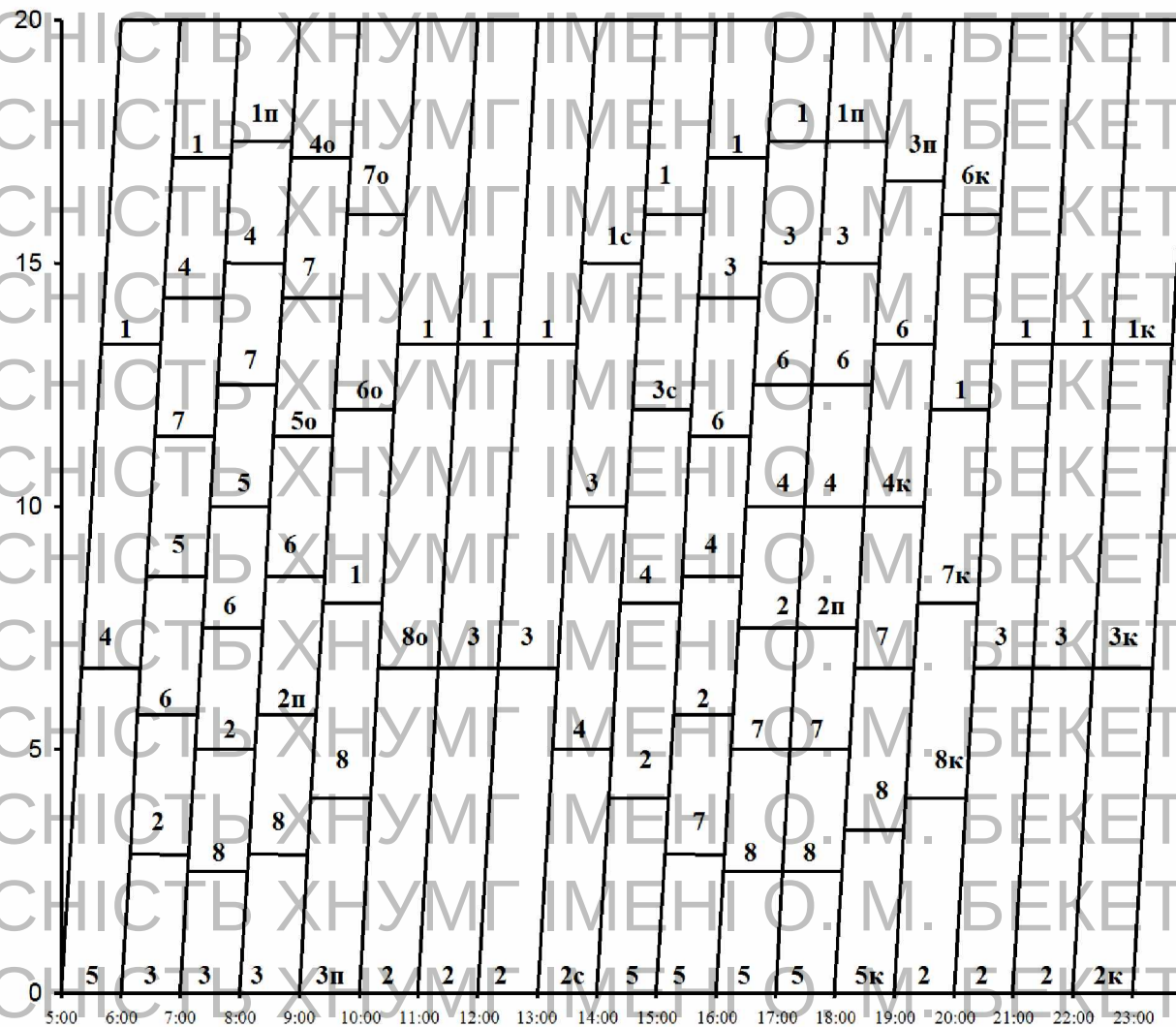


Рисунок 2.4 - Стрічковий графік руху транспортних засобів

Таблиця 2.3 - Розклад руху транспортних засобів на маршруті

Випуск 1		Випуск 2		Випуск 3		Випуск 4		Випуск 5		Випуск 6		Випуск 7		Випуск 8	
K31	K32	K31	K32	K31	K32	K31	K32	K31	K32	K31	K32	K31	K32	K31	K32
6:00	6:26	6:17	6:43	6:52	7:18	6:34	7:00	8:10	8:36	7:26	7:52	7:09	7:35	7:50	8:16
7:00	7:26	7:18	7:44	7:44	8:10	7:35	8:01	9:02	9:28	8:23	8:49	8:03	8:29	8:42	9:08
7:57	8:23	8:16	8:42	8:36	9:02	8:29	8:55	9:59	10:25	9:15	9:41	8:55	9:21	9:38	10:04
8:49	9:15	9:08	9:34	9:28	9:54	9:21	9:47	10:59	11:25	10:09	10:35	9:48	10:14	10:33	10:59
9:41	П	10:00	П	10:20	П	10:13	В	11:51	В	11:01	В	10:40	В	11:25	В
10:20	10:46	10:46	11:12	11:12	11:38	14:01	14:27	15:32	15:58	16:01	16:27	14:50	15:16	16:30	16:56
11:29	11:55	11:46	12:12	12:04	12:30	15:00	15:26	16:24	16:50	16:56	17:22	15:46	16:12	17:22	17:48
12:21	12:47	12:38	13:04	12:56	13:22	15:54	16:20	17:16	17:42	17:48	18:14	16:43	17:09	18:21	18:47
13:13	13:39	13:30	13:56	13:48	14:14	16:50	17:16	18:08	18:34	18:47	19:13	17:35	18:01	19:13	19:39
14:14	14:40	14:27	14:53	14:40	15:06	17:42	18:08	19:00	19:26	19:39	20:05	18:27	К	20:26	20:52
15:06	С	15:19	С	15:32	С	18:34	К	19:52	К	20:31	К			21:18	К
15:11	15:37	15:21	15:47	15:39	16:05										
16:09	16:35	16:16	16:42	16:37	17:03										
17:03	17:29	17:09	17:35	17:29	17:55										
17:55	18:21	18:01	18:27	18:34	19:00										
18:47	П	18:53	П	19:26	19:52										
19:52	20:18	20:09	20:35	20:18	П										
20:44	21:10	21:01	21:27	21:18	21:44										
21:36	22:02	21:53	22:19	22:10	22:36										
22:28	22:54	22:45	23:11	23:02	23:28										
23:20	23:46	23:37	0:03	23:54	0:20										
0:12	К			0:46	К										

Визначаємо час заїзду:

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

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

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

де l_0 - нульовий пробіг, км;

V_m - технічна швидкість, км/год.

$$t_0 = \frac{3,3 \cdot 60}{28} = 7 \text{ хв.}$$

Для першого випуску:

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

$$t_{\text{заїзд}} = 0:12 + 0:07 = 0:19 \text{ год.}$$

Результати розрахунку для інших випусків надано у табл. 2.4.

Визначаємо час у наряді:

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

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

Для першого випуску:

$$T_{n1} = 0:19 - 5:53 - (0:39 + 1:05) = 16:42 \text{ год.}$$

Результати розрахунку для інших випусків надано у табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Параметри часу роботи на маршруті

Номер випуску			1	2	3	4	5	6	7	8
Час виїзду з АТП			5:53	6:10	6:45	6:27	8:03	7:19	7:02	7:43
Час заїзду в АТП			0:19	23:44	0:53	18:41	19:59	20:38	18:34	21:25
Час перерви або відстою	1-зміна		0:39	0:45	0:52	3:47	3:41	5:00	4:09	5:05
	2-зміна		1:05	1:15	1:00					
Час роботи на маршруті	1-зміна (до відстою)	до перерви	3:41	3:43	3:28	3:38	3:41	3:34	3:31	3:34
		після перерви	4:46	4:33	4:20					
	2-зміна (після відстою)	до перерви	3:41	3:34	4:46	4:33	4:20	4:29	3:37	4:48
		після перерви	4:20	3:28	4:28					
	Час в наряді транспортного засобу		16:42	15:32	16:16	8:25	8:15	8:18	7:22	8:36
	Кількість обертів		19	17	18	9	9	9	8	9

Отримані результати свідчать про раціональну організацію роботи водіїв на маршруті.

2.4 Висновки по розділу

1. Виконано розрахунок необхідної кількості автобусів для обслуговування маршруту з урахуванням нерівномірності пасажиропотоків протягом доби. Встановлено, що потреба в рухомому складі змінюється від 3 до 8 автобусів залежно від інтенсивності перевезень, що дозволило

визначити раціональні інтервали руху для кожного періоду роботи маршруту.

2. На основі отриманих результатів розроблено графік роботи автобусів і водіїв із дотриманням вимог щодо режимів праці та відпочинку.

Побудований графік забезпечує ефективне використання рухомого складу, рівномірний розподіл транспортних засобів протягом доби та відповідає нормативним вимогам за коефіцієнтом ефективності роботи автобусів і водіїв.

3. З використанням розрахованих інтервалів руху складено стрічковий графік та маршрутний розклад, у якому визначено час відправлення і прибуття автобусів, час виїзду та заїзду до автотранспортного підприємства, тривалість роботи в наряді, час відстою, перерв і кількість обертів кожного випуску.

4. Отримані результати забезпечують раціональну організацію роботи маршруту, сприяють підвищенню регулярності руху автобусів, покращенню якості транспортного обслуговування пасажирів та створюють основу для ефективного використання рухомого складу і трудових ресурсів автотранспортного підприємства.

РОЗДІЛ 3

ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ МАРШРУТУ

3.1 Розробка схеми розміщення засобів організації дорожнього руху

Для забезпечення належної організації дорожнього руху на досліджуваному перехресті розробляється схема розміщення технічних засобів регулювання та організації руху, що представлена на рис. 3.1.

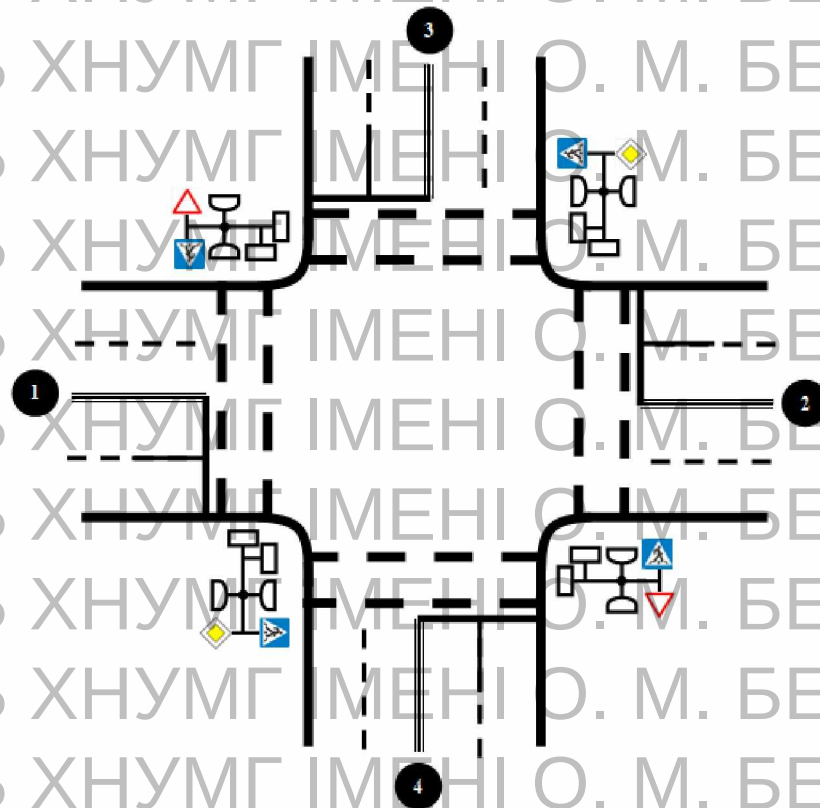


Рисунок 3.1 – Схема розміщення технічних засобів організації та регулювання дорожнього руху

Відповідно до розробленої схеми (рис. 3.1) передбачено комплексне облаштування досліджуваного перехрестя технічними засобами організації

дорожнього руху. Проектом передбачено встановлення світлофорних об'єктів, нанесення необхідної горизонтальної дорожньої розмітки та монтаж дорожніх знаків відповідно до вимог організації безпечного й ефективного руху транспорту та пішоходів. Інтенсивності руху транспортних засобів і пішоходів на підходах до перехрестя наведено на рис. 3.2.

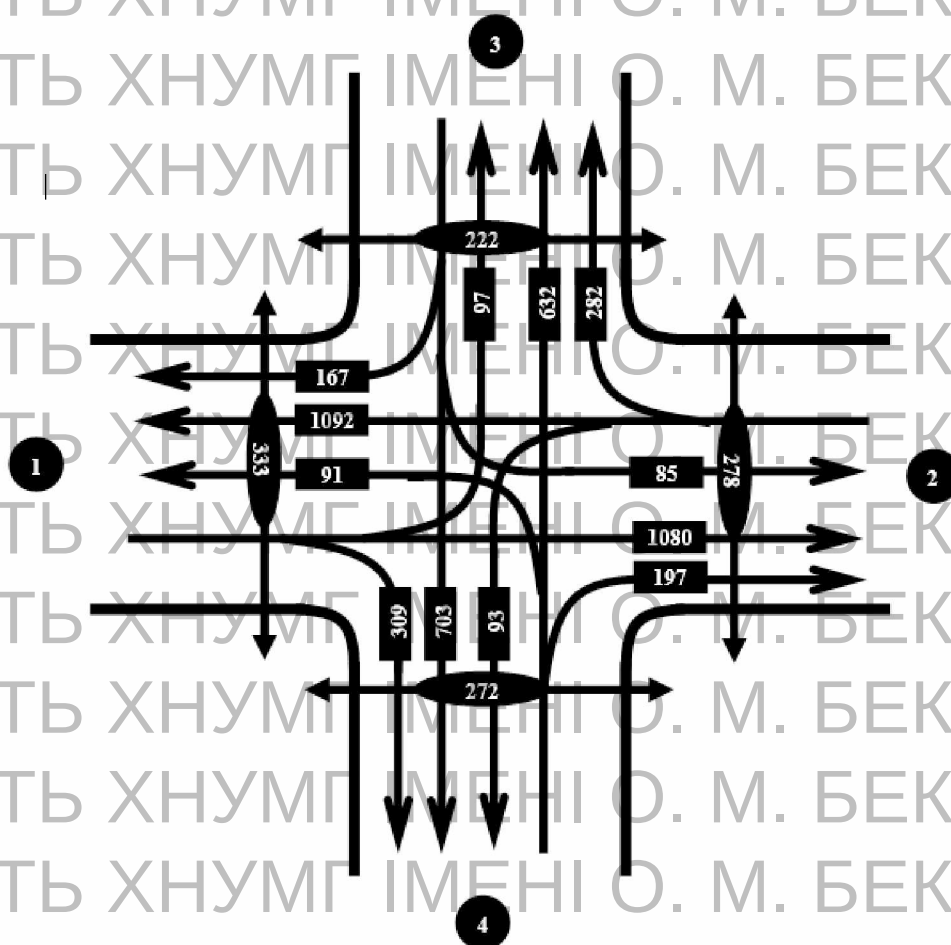


Рисунок 3.2 – Інтенсивності руху на перехресті

3.2 Розробка схеми пофазного роз'їзду

На наступному етапі здійснюється розроблення схеми пофазної організації руху транспортних потоків на досліджуваному перехресті. Під час визначення кількості фаз світлофорного регулювання враховуються нормативні вимоги [12]. Зокрема, якщо інтенсивність лівоповоротного транспортного потоку не перевищує 120 авт./год, введення окремої фази для виконання лівого повороту є недоцільним. За таких умов лівоповоротний рух здійснюється спільно з основним транспортним потоком. Розроблені схеми пофазної організації руху на перехресті наведено на рис. 3.3 та 3.4.

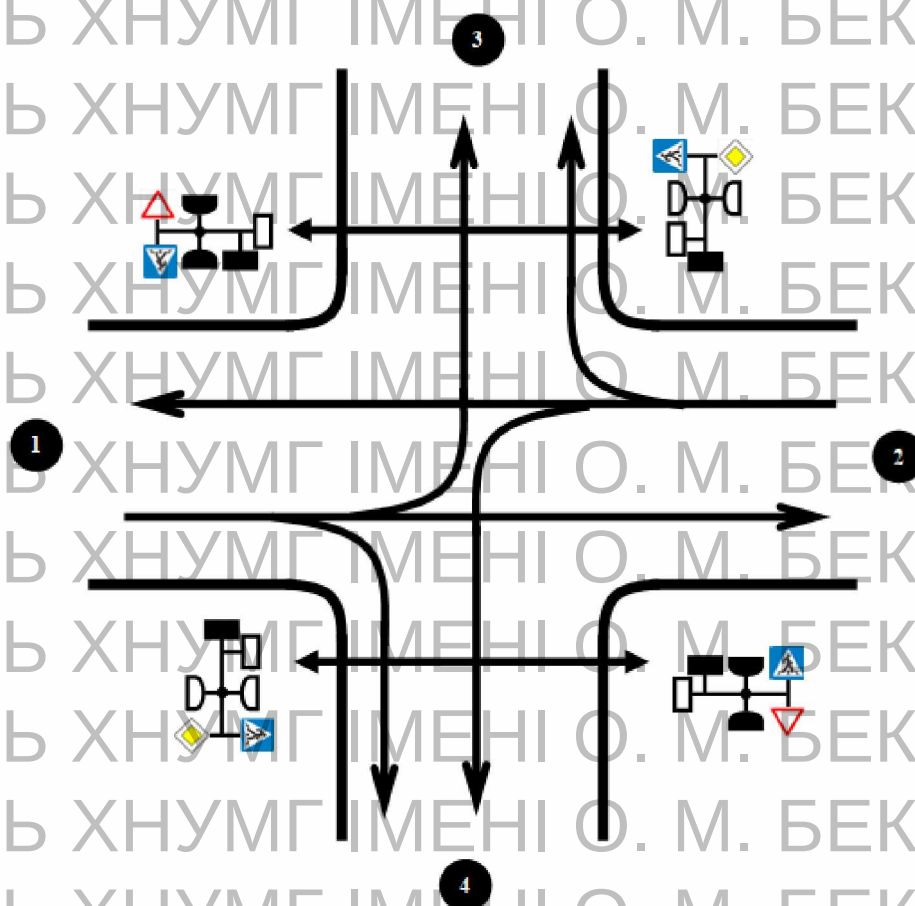


Рисунок 3.3 – Перша фаза регулювання

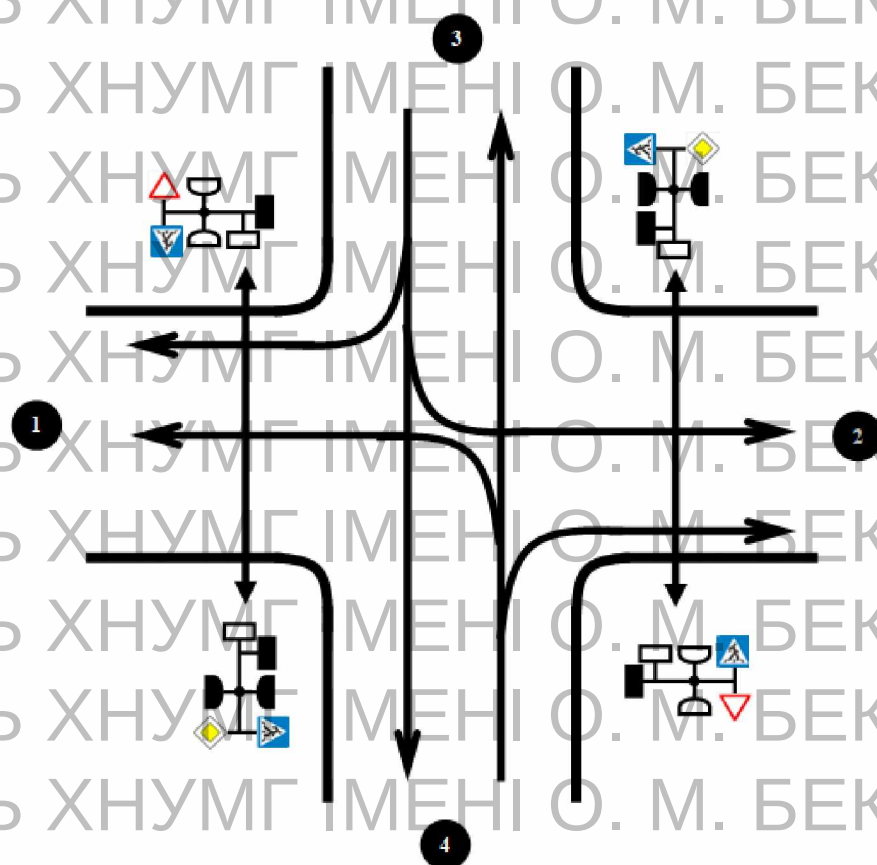


Рисунок 3.4 – Друга фаза регулювання

Після розроблення схеми пофазної організації руху здійснюється розрахунок параметрів роботи світлофорного регулювання на досліджуваному перехресті. На цьому етапі визначаються тривалість світлофорних фаз, величина циклу регулювання, проміжні такти та інші параметри, необхідні для забезпечення безпечного, ефективного й безконфліктного пропуску транспортних і пішохідних потоків через перехрестя.

3.3 Визначення раціональних параметрів 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.

Коефіцієнт зменшення потоку насичення через склад транспортного потоку визначається так:

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

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

$$M_{H1(1-2, 1-3, 1-4)} = 525 \cdot 6,2 \cdot (100 / (72,7 + 1,75 \cdot 6,5 + 1,25 \cdot 20,8)) = 2957 \text{ авт./год.}$$

$$M_{H1(2-1, 2-3, 2-4)} = 525 \cdot 6,2 \cdot (100 / (74,4 + 1,75 \cdot 6,3 + 1,25 \cdot 19,2)) = 2971 \text{ авт./год.}$$

$$M_{H2(3-1, 3-2, 3-4)} = 525 \cdot 6,2 \cdot (100 / (73,6 + 1,75 \cdot 8,9 + 1,25 \cdot 17,5)) = 2931 \text{ авт./год.}$$

$$M_{H2(4-1, 4-2, 4-3)} = 525 \cdot 6,2 \cdot (100 / (68,7 + 1,75 \cdot 9,9 + 1,25 \cdot 21,4)) = 2886 \text{ авт./год.}$$

Фазові коефіцієнти визначаємо так:

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

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

$$Y_{1\ (1-2, 1-3, 1-4)} = 1486/2957 = 0,503.$$

$$Y_{1\ (2-1, 2-3, 2-4)} = 1467/2971 = 0,494.$$

$$Y_{2\ (3-1, 3-2, 3-4)} = 955/2931 = 0,326.$$

$$Y_{2\ (4-1, 4-2, 4-3)} = 920/2886 = 0,319.$$

Для кожної фази світлофорного регулювання визначаються розрахункові фазові коефіцієнти, за які приймаються їх максимальні значення. За результатами виконаних розрахунків для першої фази розрахунковий фазовий коефіцієнт становить 0,503, а для другої фази – 0,326. На підставі отриманих значень формується табл. 3.1, у якій наведено результати розрахунку фазових коефіцієнтів для досліджуваного перехрестя.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку фазових коефіцієнтів

Фаза регулювання	1		2	
Підхід до перехрестя	1	2	3	4
Інтенсивність потоку, авт./год	1486	1467	955	920
Потік насичення, авт./год	2957	2971	2931	2886
Фазові коефіцієнти	0,503	0,494	0,326	0,319
Розрахункові фазові коефіцієнти	0,503		0,326	

Розраховуємо 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 при гальмуванні, м/с²;

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

l_a – середня довжина автомобіля, м.

Тривалість проміжного такту:

$$t_n = \frac{44}{7,2 \cdot 4} + \frac{3,6 \cdot (13,6 + 5,1)}{44} = 4 \text{ с.}$$

Тривалість циклу регулювання:

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

де T_n – сума проміжних тактів, с;

Y – сума розрахункових фазових коефіцієнтів.

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

де k – кількість фаз світлофорного регулювання.

$$T_n = 4 + 4 = 8 \text{ с.}$$

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

$$Y = 0,503 + 0,326 = 0,828.$$

$$T_y = \frac{1,5 \cdot 8 + 5}{1 - 0,828} = 99 \text{ с.}$$

Розраховуємо час переходу дороги пішоходами :

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

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

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

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

Розраховуємо тривалість основних тактів:

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

$$t_{oi1} = \frac{(99 - 8) \cdot 0,503}{0,828} = 55 \text{ с.}$$

$$t_{oi2} = \frac{(99 - 8) \cdot 0,326}{0,828} = 36 \text{ с.}$$

Розраховуємо середню затримку автомобілів:

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

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

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

де λ – відношення основного такту до циклу світлофорного регулювання.

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

$$\lambda_1 = 55/99 = 0,556; \lambda_2 = 36/99 = 0,364.$$

Розраховуємо ступінь насичення напрямку рухом:

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

$$X_{1(1-2, 1-3, 1-4)} = \frac{1486,99}{2957,55} = 0,905.$$

$$X_{1(2-1, 2-3, 2-4)} = \frac{1467 \cdot 99}{2971 \cdot 55} = 0,889.$$

$$X_{2(3-1, 3-2, 3-4)} = \frac{955 \cdot 99}{2931 \cdot 36} = 0,896.$$

$$X_{2(4-1, 4-2, 4-3)} = \frac{920 \cdot 99}{2886 \cdot 36} = 0,877.$$

Середня затримка автомобілів у напрямках 1-2, 1-3 та 1-4:

$$t_{\Delta Pj(1-2, 1-3, 1-4)} = 0,9 \cdot \left[\frac{99 \cdot (1 - 0,556)^2}{2 \cdot (1 - 0,556 \cdot 0,905)} + \frac{0,905^2}{2 \cdot 1486 \cdot (1 - 0,905)} \right] = 17,70 \text{ с.}$$

Результати визначення середніх затримок транспортних засобів для інших напрямків руху наведено в табл. 3.2. На підставі виконаних розрахунків визначається середня затримка автомобіля на досліджуваному перехресті за умови застосування запропонованих параметрів циклу світлофорного регулювання, яка становить:

$$\overline{t}_{\Delta P}^{**} = \frac{17,70 \cdot 1486 + 17,39 \cdot 1467 + 26,76 \cdot 955 + 26,48 \cdot 920}{1486 + 1467 + 955 + 920} = 21,07 \text{ с.}$$

Для порівняння ефективності запропонованого рішення аналогічні розрахунки виконуються для існуючих параметрів циклу світлофорного регулювання. Отримані результати наведено в табл. 3.3, що дає змогу оцінити вплив запропонованих змін на показники роботи перехрестя та рівень затримок транспортних засобів.

Таблиця 3.2 – Затримки транспорту (запропонований цикл)

Номер фази у циклі	1		2	
Номер підходу	1	2	3	4
Основний такт, с	55		36	
Проміжний такт, с	4		4	
Час світлофорного циклу, с	99			
Потік насичення, авт./год	2957	2971	2931	2886
Інтенсивність руху транспорту, авт/год	1486	1467	955	920
Відношення часу зеленого сигналу до часу циклу	0,556	0,556	0,364	0,364
Ступінь насичення напрямку	0,905	0,889	0,896	0,877
Затримка транспорту, с.	17,70	17,39	26,76	26,48
Середня затримка транспорту на перехресті, с	21,07			

Таблиця 3.3 – Затримки транспорту (існуючий цикл)

Номер фази у циклі	1		2	
Номер підходу	1	2	3	4
Основний такт, с	55		40	
Проміжний такт, с	4		4	
Час світлофорного циклу, с	103			
Потік насичення, авт./год	2957	2971	2931	2886
Інтенсивність руху транспорту, авт/год	1486	1467	955	920
Відношення часу зеленого сигналу до часу циклу	0,534	0,534	0,388	0,388
Ступінь насичення напрямку	0,941	0,925	0,839	0,821
Затримка транспорту, с.	20,24	19,89	25,72	25,46
Середня затримка транспорту на перехресті, с	22,21			

Розраховуємо зміну середньої затримки автомобілів:

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

$$\Delta \bar{t} = 22,21 - 21,07 = 1,14 \text{ с.}$$

За результатами проведених розрахунків встановлено, що впровадження запропонованого циклу світлофорного регулювання забезпечує зменшення середньої затримки транспортних засобів на перехресті на 1,14 с.

3.4 Висновки по розділу

1. Розроблено схему організації дорожнього руху на досліджуваному перехресті маршруту із застосуванням сучасних технічних засобів регулювання. Передбачено встановлення світлофорних об'єктів, дорожніх знаків і нанесення горизонтальної дорожньої розмітки, що забезпечує безпечний та впорядкований рух транспортних і пішохідних потоків.

2. На підставі аналізу інтенсивностей руху виконано проєктування схеми пофазного роз'їзду транспортних потоків. З урахуванням нормативних вимог встановлено, що інтенсивність лівоповоротного руху не перевищує допустиме значення, тому введення додаткової фази світлофорного регулювання є недоцільним. Для організації руху прийнято двофазний цикл регулювання.

3. У процесі розрахунків визначено потоки насичення, фазові коефіцієнти, тривалість проміжних і основних тактів, загальну тривалість циклу світлофорного регулювання та середні затримки транспортних засобів. За результатами розрахунків встановлено, що оптимальна тривалість циклу світлофорного регулювання становить 99 с, а середня затримка транспортних засобів на перехресті складає 21,07 с.

4. Порівняння запропонованого варіанта з існуючим режимом роботи світлофорного об'єкта підтвердило його ефективність. Упровадження розрахованих параметрів світлофорного регулювання забезпечує зменшення середньої затримки автомобілів на 1,14 с, що свідчить про підвищення ефективності організації дорожнього руху, покращення умов пропуску

транспортних потоків та зростання пропускної спроможності досліджуваного перехрестя.

ВИСНОВКИ

1. Виконано дослідження основних параметрів організації перевезень на міському автобусному маршруті. Проведено розрахунок пасажиропотоків за перегонами маршруту, визначено максимальну потужність пасажиропотоку, яка становить 654 пас./год, обсяг перевезень - 1359 пасажирів, а транспортну роботу величиною 8828,0 пас. км. На підставі отриманих результатів обґрунтовано вибір рухомого складу та для подальшого аналізу розглянуто автобуси Etalon A148 і Iveco Urbanway.

2. Виконано техніко-економічне порівняння обраних моделей автобусів шляхом розрахунку їхніх експлуатаційних витрат. Встановлено, що найбільш економічно доцільним є використання автобуса Etalon A148, для якого експлуатаційні витрати становлять 2037,53 грн за годину роботи, що є менше порівняно з альтернативною моделлю. На основі обраного рухомого складу визначено основні експлуатаційні показники маршруту, зокрема необхідну кількість автобусів (8 одиниць), інтервал руху (6,5 хв.), середню дальність поїздки та коефіцієнти заповнення.

3. Здійснено прогнозування обсягів перевезень із використанням програмного середовища Microsoft Excel. Результати прогнозу свідчать про очікуване збільшення кількості перевезених пасажирів у 2026 році на 0,23 %, що підтверджує тенденцію до зростання попиту на перевезення та доцільність подальшого вдосконалення організації роботи маршруту.

4. Виконано розрахунок необхідної кількості автобусів для обслуговування маршруту з урахуванням нерівномірності пасажиропотоків протягом доби. Встановлено, що потреба в рухомому складі змінюється від 3 до 8 автобусів залежно від інтенсивності перевезень, що дозволило визначити раціональні інтервали руху для кожного періоду роботи маршруту.

5. На основі отриманих результатів розроблено графік роботи автобусів і водіїв із дотриманням вимог щодо режимів праці та відпочинку. Побудований графік забезпечує ефективне використання рухомого складу, рівномірний розподіл транспортних засобів протягом доби та відповідає нормативним вимогам за коефіцієнтом ефективності роботи автобусів і водіїв.

6. З використанням розрахованих інтервалів руху складено стрічковий графік та маршрутний розклад, у якому визначено час відправлення і прибуття автобусів, час виїзду та заїзду до автотранспортного підприємства, тривалість роботи в наряді, час відстою, перерв і кількість обертів кожного випуску.

7. Отримані результати забезпечують раціональну організацію роботи маршруту, сприяють підвищенню регулярності руху автобусів, покращенню якості транспортного обслуговування пасажирів та створюють основу для ефективного використання рухомого складу і трудових ресурсів автотранспортного підприємства.

8. Розроблено схему організації дорожнього руху на досліджуваному перехресті маршруту із застосуванням сучасних технічних засобів регулювання. Передбачено встановлення світлофорних об'єктів, дорожніх знаків і нанесення горизонтальної дорожньої розмітки, що забезпечує безпечний та впорядкований рух транспортних і пішохідних потоків.

9. На підставі аналізу інтенсивностей руху виконано проектування схеми пофазного роз'їзду транспортних потоків. З урахуванням нормативних вимог встановлено, що інтенсивність лівоповоротного руху не перевищує допустиме значення, тому введення додаткової фази світлофорного регулювання є недоцільним. Для організації руху прийнято двофазний цикл регулювання.

10. У процесі розрахунків визначено потоки насичення, фазові коефіцієнти, тривалість проміжних і основних тактів, загальну тривалість

циклу світлофорного регулювання та середні затримки транспортних засобів.

За результатами розрахунків встановлено, що оптимальна тривалість циклу світлофорного регулювання становить 99 с, а середня затримка транспортних засобів на перехресті складає 21,07 с.

11. Порівняння запропонованого варіанта з існуючим режимом роботи світлофорного об'єкта підтвердило його ефективність. Упровадження розрахованих параметрів світлофорного регулювання забезпечує зменшення середньої затримки автомобілів на 1,14 с, що свідчить про підвищення ефективності організації дорожнього руху, покращення умов пропуску транспортних потоків та зростання пропускної спроможності досліджуваного перехрестя.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ceder A. Public transit planning and operation: theory, modeling and practice. Oxford: Elsevier, 2007. 626 p.
2. Розумний транспорт і логістика для міст: навчальний посібник / [авт. колектив: О.О. Лобашов, М.В. Ольхова, А.С. Галкін та ін.] Житомир: «Житомирська політехніка», 2021. 612 с.
3. Безлюбченко О. С., Гордієнко С. М., Завальний О. В. Планування міст і транспорт : навч. Посібник. Харків: ХНАМГ, 2008. 156 с.
4. Доля В. К. Пасажирські перевезення: підручник Харків: Форт, 2010. 504 с.
5. Вакуленко К. Є., Доля К. В. Управління міським пасажирським транспортом: навч. посібник. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. 257 с.
6. Босняк М.Г. Пасажирські автомобільні перевезення. Навчальний посібник. Київ: Слово, 2009. 272 с.
7. Кашканов В. А., Кашканов А. А., Варчук В. В. Організація автомобільних перевезень: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2017. 139 с.
8. 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.
9. Давідіч Ю. О. Розробка розкладу руху транспортних засобів при організації пасажирських перевезень: навч. посіб. Харків: ХНАМГ, 2010. 345 с.
10. Лежнева О. І. Організація перевезень пасажирів у містах: Навчальний посібник. Харків: Точка, 2010. 311 с.
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.