

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 5317 пасажирів**

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

Тарасенко Д. В.

Керівник Понкратов Д. П.

Рецензент Копитков Д. М.

Харків – 2026 року

**Харківський національний університет міського господарства
імені О. М. Бекетова**

Факультет Навчально-науковий інститут енергетичної, інформаційної та транспортної інфраструктури

Кафедра Транспортних систем і логістики

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

к.т.н., проф. Куш Є. І.

"___" _____ 2026 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Тарасенко Дар'ї Валеріївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Проектування організації перевезень на міському автобусному маршруті з добовим обсягом перевезень 5317 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)

Тарасенко Д. 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 «шк»

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	193	0	10	85	0
2	70	6	9	52	5
3	59	17	8	37	8
4	38	18	7	36	11
5	36	28	6	24	16
6	27	35	5	21	21
7	18	43	4	18	28
8	11	58	3	9	32
9	8	72	2	8	61
10	0	183	1	0	108

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	0,98	0,88	1,07	0,89	0,97	0,82	1,11	0,77	1,21

Таблиця 3 - Параметри маршруту

Показники	Значення
Експлуатаційна швидкість, км/год	20
Технічна швидкість, км/год	26
Відстань нульового пробігу, км	2,2
Максимально допустимий інтервал руху, хв.	20
Коефіцієнт дефіциту транспортних засобів	1

Таблиця 4 - Зміна обсягу перевезень пасажирів на маршруті

Місяць	Зміна обсягу перевезень пасажирів на маршруті, пас.		
	2023	2024	2025
Січень	162884	179473	199808
Лютий	172837	172480	163336
Березень	156059	173076	182612
Квітень	171889	165698	180511
Травень	172521	173585	168893
Червень	167781	184869	198513
Липень	145979	148426	151203
Серпень	144715	153201	169604
Вересень	169677	189925	184002
Жовтень	171889	161507	166880
Листопад	162094	176101	174819
Грудень	173153	167451	175980

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	0,32	0,74	1	0,82	0,63	0,54	0,49	0,38	0,43	0,72	0,93	0,88	0,57	0,43	0,38	0,28	0,21	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	3,2 (2,8)			3,2 (2,8)		
Напрямок руху	1-2	1-3	1-4	2-1	2-4	2-3
Інтенсивність руху, авт./год	884	98	192	734	92	236
Інтенсивність пішоходних потоків, пас./год	150			174		
Номер підходу до перехрестя	3			4		
Кількість смуг руху, од.	2			2		
Ширина першої смуги руху (другої), м	3,2 (2,8)			3,2 (2,8)		
Напрямок руху	3-4	3-2	3-1	4-3	4-1	4-2
Інтенсивність руху, авт./год	741	105	229	882	99	224
Інтенсивність пішоходних потоків, пас./год	256			277		

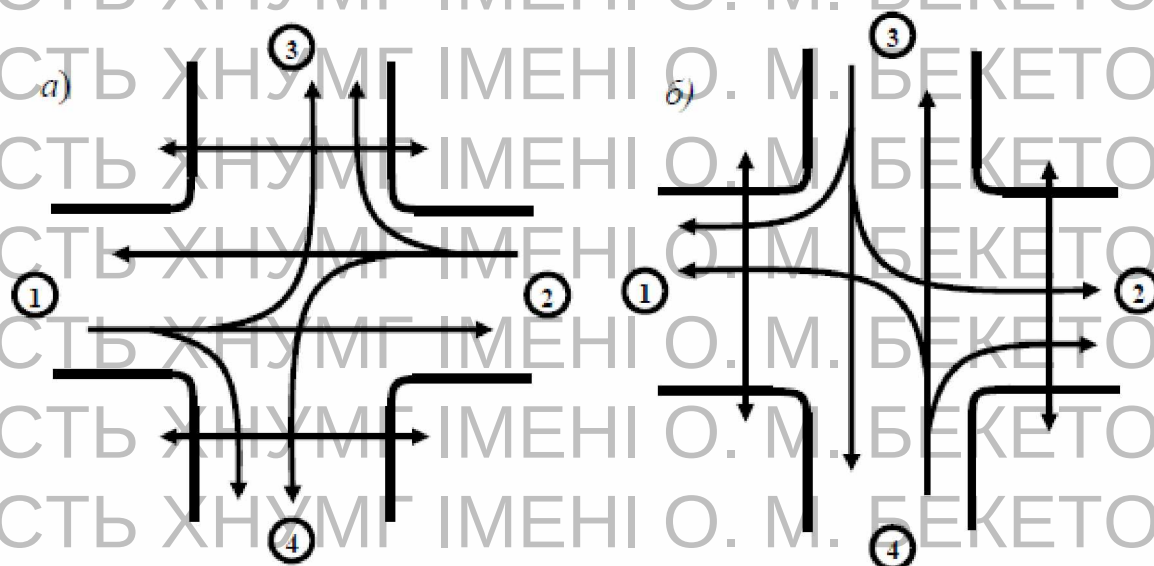


Рисунок 1 – Існуюча схема пофазного розізду:

а) I фаза; б) II фаза.

Таблиця 7 – Характеристики існуючого циклу світлофорного регулювання

Номер фази	1	2
Час основного такту, с	51	51
Час проміжного такту, с	4	4
Час циклу, с	110	

Студент _____

(підпис)

Керівник роботи _____

(підпис)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота налічує 59 сторінок пояснювальної записки, 11 ілюстрацій, 12 таблиць, 12 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: міський автобусний маршрут з добовим обсягом перевезень 5317 пасажирів.

Мета роботи – розробка заходів з організації перевезень на міському автобусному маршруті з добовим обсягом перевезень 5317 пасажирів.

Метод дослідження: аналітичний.

У кваліфікаційній роботі на підставі економічного аналізу обґрунтовано вибір найбільш доцільної марки автобуса для обслуговування маршруту. Виконано прогнозування майбутніх обсягів пасажирських перевезень, а також проведено графоаналітичні розрахунки, за результатами яких розроблено стрічковий графік руху автобусів і маршрутний розклад.

Проведена оцінка режимів праці водіїв підтвердила відповідність сформованого розкладу вимогам чинного трудового законодавства. Крім того, визначено раціональні параметри світлофорного регулювання, впровадження яких забезпечує скорочення середньої затримки транспортних засобів на перехресті на 1,31 с, що підтверджує ефективність запропонованих організаційних заходів.

Рекомендації щодо впровадження: результати кваліфікаційної роботи можуть бути використані під час розроблення та вдосконалення заходів з організації пасажирських перевезень на міських автобусних маршрутах.

ПАСАЖИРОПОТІК, АВТОБУСНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ, ІНТЕРВАЛ, РОЗКЛАД,
ОРГАНІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
Розділ 1 ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ.....	10
1.1 Аналіз методів проектування міських автобусних перевезень.....	10
1.2 Визначення пасажиропотоків.....	15
1.3 Вибір марки автобусу.....	19
1.4 Розрахунок експлуатаційних показників.....	24
1.5 Прогнозування зміни обсягів перевезень.....	29
1.6 Висновки по розділу.....	30
Розділ 2 РОЗРОБКА РОЗКЛАДУ РУХУ.....	32
2.1 Визначення кількості автобусів.....	32
2.2 Розробка графіку роботи водіїв і автобусів.....	36
2.3 Розробка розкладу руху.....	37
2.4 Висновки по розділу.....	42
Розділ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ МАРШРУТУ.....	44
3.1 Оснащення перехрестя засобами організації руху.....	44
3.2 Розробка схеми пофазного роз'їзду.....	46
3.3 Удосконалення світлофорного регулювання.....	47
3.4 Висновки по розділу.....	54
ВИСНОВКИ.....	57
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	59

					ННІЕІТІ ТСЛ ТТ 2022-І ТТ XXX...Х ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка		
Розроб.		Тарасенко Д. В.					
Перевір.		Понкратов Д.П.					
Н. контр.		Бурко Д.Л.					
Затв.		Куш Є.І.					
					Літера	Аркуш	Акрюшів
					о п у	8	59
					ХНУМГ		

ВСТУП

Міські автобусні перевезення становлять основу системи громадського транспорту, забезпечуючи повсякденне пересування населення та доступ до соціальних, освітніх і виробничих об'єктів. Зі збільшенням чисельності міського населення, зростанням інтенсивності пасажирських потоків і підвищенням вимог до рівня транспортного сервісу особливої актуальності набуває вдосконалення організації автобусного сполучення та підвищення якості перевезень.

Функціонування автобусного транспорту в містах супроводжується низкою проблем, серед яких найбільш поширеними є нерівномірність розподілу пасажирів, недостатня кількість транспортних засобів, значний ступінь їх фізичного зносу, порушення регулярності руху та надмірне завантаження окремих маршрутів. У сукупності ці недоліки призводять до погіршення ефективності транспортного процесу, а також зниження рівня комфорту й безпеки перевезень.

Підвищення ефективності міських автобусних перевезень потребує комплексного підходу, що включає вдосконалення маршрутної мережі, модернізацію автобусного парку, використання сучасних засобів керування дорожнім рухом і забезпечення екологічної безпеки транспортної системи. Реалізація зазначених заходів сприятиме покращенню транспортного обслуговування населення та підвищенню результативності функціонування міського громадського транспорту.

РОЗДІЛ 1

ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

1.1 Аналіз методів проєктування міських автобусних перевезень

Формування технології міських пасажирських перевезень ґрунтується на комплексному врахуванні закономірностей транспортного процесу, що визначаються технічними, організаційними, експлуатаційними та економічними чинниками. Раціонально побудована система перевезень має забезпечувати своєчасне та повне задоволення транспортних потреб населення, відповідати нормативно-правовим вимогам щодо здійснення пасажирських перевезень, а також гарантувати безпечні умови поїздки й належний рівень транспортного обслуговування [3, 4].

Під час вибору раціональних параметрів організації перевізного процесу враховують комплекс показників, серед яких рівень завантаження транспортних засобів, регулярність їх руху, безпека пасажирів, сумарні витрати часу на здійснення поїздки з урахуванням усіх її складових, а також кількість пересадок, необхідних для досягнення пункту призначення [5, 8].

Процес формування технології міських автобусних перевезень охоплює низку взаємопов'язаних етапів [1–11], зокрема дослідження пасажиропотоків, удосконалення маршрутної мережі, визначення необхідної пасажиромісткості та кількості транспортних засобів, встановлення раціональних швидкісних режимів, розроблення розкладу руху й організацію диспетчерського управління перевезеннями (рис. 1.1).

Першим етапом розроблення технології перевезень є дослідження фактичного попиту населення на транспортні послуги шляхом обстеження пасажиропотоків.



Рисунок 1.1 – Методи підвищення ефективності та якості перевезень пасажирів

Методика проведення такого дослідження визначається його метою, наявними матеріальними та трудовими ресурсами, а також вимогами до точності отриманих результатів [3, 6].

Для дослідження попиту на транспортні послуги використовують натурні методи обстеження, що передбачають залучення обліковців. До найбільш поширених належать табличний, таблично-опитувальний, талонний та візуальний способи дослідження [4, 5, 7]. Водночас на сучасному етапі розвитку транспортної галузі перевагу надають автоматизованим системам обліку пасажирів, які забезпечують вищу точність отриманих результатів і спрощують процес збору інформації [9].

Пасажиропотоки характеризуються значною мінливістю в часі. Їх нерівномірність проявляється протягом доби, у різні дні тижня та впродовж року. Саме тому для отримання достовірної інформації виникає необхідність систематичного проведення обстежень із визначеною періодичністю [3, 8, 9].

Окрім часової нерівномірності, пасажиропотоки відрізняються і просторовим розподілом, який залежить від довжини маршруту та напрямку перевезень. Унаслідок цього рівень заповнення транспортних засобів на окремих ділянках маршруту є неоднаковим. За наявності суттєвих відмінностей у пасажиронавантаженні доцільним може бути впровадження укорочених рейсів, що обслуговуватимуть найбільш завантажені відрізки маршруту [5].

Інформація, отримана за результатами дослідження пасажиропотоків, є вихідною базою для проектування системи перевезень. Вона використовується під час удосконалення маршрутної мережі, визначення необхідної кількості та пасажиромісткості транспортних засобів, розрахунку нормативної тривалості рейсів відповідно до умов експлуатації, а також під час складання розкладу руху автобусів та вирішення інших завдань організації перевезень [1, 3, 4].

На етапі вдосконалення маршрутної мережі здійснюється формування раціональної конфігурації маршрутів у межах міста. Головною метою цього процесу є скорочення загальних витрат часу пасажирів на пересування. При цьому розроблена маршрутна схема повинна забезпечувати транспортну доступність населення та мінімізувати потребу у здійсненні пересадок [2, 9].

Одним із визначальних елементів організації пасажирських перевезень є обґрунтований вибір пасажиромісткості транспортних засобів, що працюють на маршрутах. Таке рішення приймається за результатами аналізу пасажиропотоків і має бути спрямоване на зменшення часу очікування та поїздки для пасажирів, а також на зниження експлуатаційних витрат перевізника. Визначальним фактором у цьому випадку виступає величина пасажиропотоку.

Чисельність транспортних засобів на маршруті повинна забезпечувати повне задоволення потреб у перевезеннях із дотриманням установлених нормативів заповнення салону. Під час визначення необхідної місткості та кількості рухомого складу до уваги беруть п'ять основних груп чинників: технічні, експлуатаційні, економічні, соціальні та нормативно-правові [1, 6, 8].

Важливим показником результативності функціонування міського пасажирського транспорту є швидкість руху транспортних засобів. У практиці організації перевезень розрізняють технічну, сполучну та експлуатаційну швидкості. Значення технічної швидкості насамперед визначається станом дорожньої мережі та умовами руху транспортного потоку. Її підвищення досягається шляхом удосконалення організації дорожнього руху, зокрема впровадженням пріоритету для громадського транспорту, що дозволяє зменшити затримки, пов'язані із заторами, та підвищити швидкість сполучення [4, 5, 9].

Оскільки інтенсивність транспортного руху змінюється протягом доби під впливом різних чинників, швидкість руху транспортних засобів також не

є сталою. У зв'язку з цим виникає потреба у встановленні нормативних значень швидкості, які повинні враховувати змінність дорожньої обстановки. Такі нормативи мають забезпечувати безпечне виконання перевезень, створювати належні умови праці для водіїв і водночас не містити надмірних резервів часу, що можуть спричинити необґрунтовані простой та знижувати ефективність роботи транспорту [2, 6].

Розклад руху є основним документом, що регламентує організацію перевізного процесу. Він визначає кількість транспортних засобів, які працюють на маршруті, час їх виходу на лінію, режим праці та відпочинку водіїв, тривалість відстою, а також момент завершення робочих змін. Розроблення розкладу ґрунтується на графоаналітичному дослідженні маршруту з урахуванням нерівномірного розподілу пасажиропотоків упродовж доби. Рационально сформований розклад забезпечує відповідність кількості транспортних засобів фактичному попиту на перевезення в різні часові періоди [3, 11].

Контроль за виконанням розкладу руху та забезпеченням безперервності перевізного процесу покладається на диспетчерську службу. Її основним завданням є підтримання регулярності руху відповідно до встановленого графіка. До основних функцій диспетчерського управління належать організація своєчасного випуску транспортних засобів на маршрут, контроль їх роботи на лінії, підтримання встановлених інтервалів руху, оперативне усунення порушень та реагування на аварійні й інші позаштатні ситуації [5, 6].

Найефективнішим способом здійснення диспетчерського контролю є використання автоматизованих систем управління, які забезпечують безперервний, оперативний і високоточний моніторинг процесу перевезень [8].

Таким чином, проведений аналіз сучасних підходів до організації міських пасажирських перевезень дає змогу визначити основні напрями

вдосконалення транспортного процесу. Подальші дослідження доцільно зосередити на визначенні раціональної кількості та пасажиромісткості транспортних засобів, розробленні ефективного розкладу руху й удосконаленні організації дорожнього руху на маршруті.

1.2 Розрахунок інтенсивності пасажиропотоків

Виконуємо розрахунок пасажиропотоків:

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

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

$Q_{\text{в},i}, Q_{\text{з},i}$ - пасажирообмін зупинки, пас./год.

На перегоні 1-2:

$$F_{1-2} = 193 \text{ пас./год},$$

На 2-3:

$$F_{2-3} = 193 + 71 - 7 = 257 \text{ пас./год.}$$

Результати розрахунків пасажиропотоків для інших перегонів маршруту наведено в табл. 1.1.

Графічне відображення розподілу пасажиропотоків на перегонах маршруту подано у вигляді епюр, наведених на рис. 1.2 та рис. 1.3.

Таблиця 1.1 – Інтенсивність пасажиропотоків на маршруті

Прямий напрямок				Зворотний напрямок			
Перегін маршруту	Протяжність перегону, км	Інтенсивність пасажиропотоку, пас./год	Транспортна робота, пас. км	Перегін маршруту	Довжина перегону, км	Потужність пасажиропотоку, пас./год	Транспортна робота, пас. км
1-2	0,98	193	189,1	10-9	1,21	85	102,9
2-3	0,88	257	226,2	9-8	0,77	132	101,6
3-4	1,07	299	319,9	8-7	1,11	161	178,7
4-5	0,89	319	283,9	7-6	0,82	186	152,5
5-6	0,97	327	317,2	6-5	0,97	194	188,2
6-7	0,82	319	261,6	5-4	0,89	194	172,7
7-8	1,11	294	326,3	4-3	1,07	184	196,9
8-9	0,77	247	190,2	3-2	0,88	161	141,7
9-10	1,21	183	221,4	2-1	0,98	108	105,8
Усього	8,70	2438	2335,9	Усього	8,70	1405	1341,0

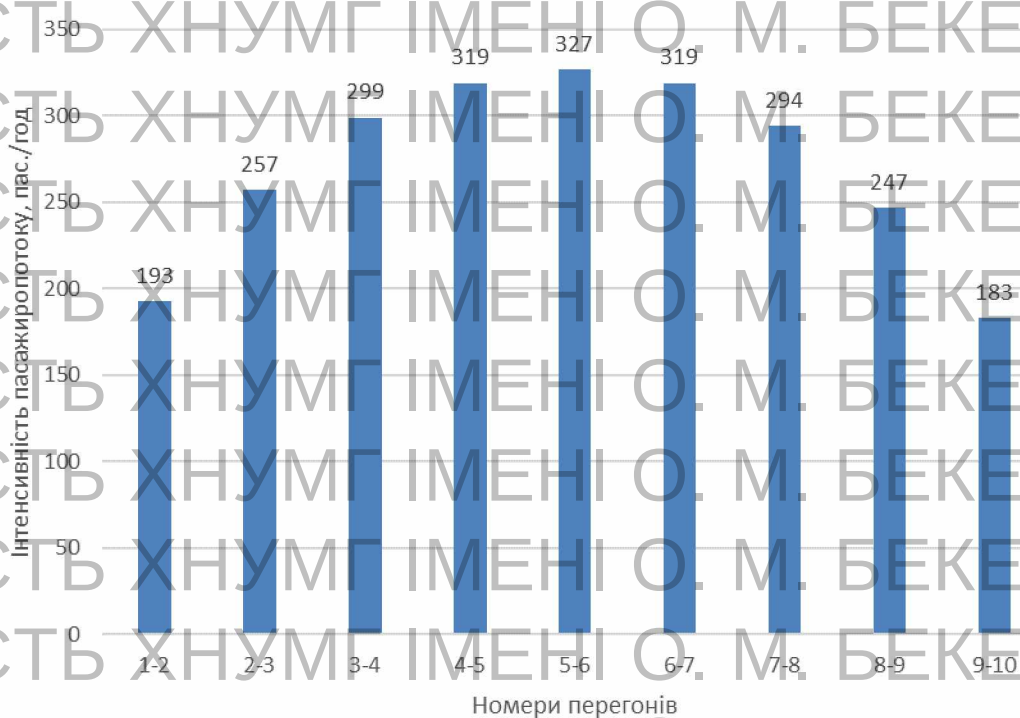


Рисунок 1.2 – Пасажиропотоки на маршруті у прямому напрямку

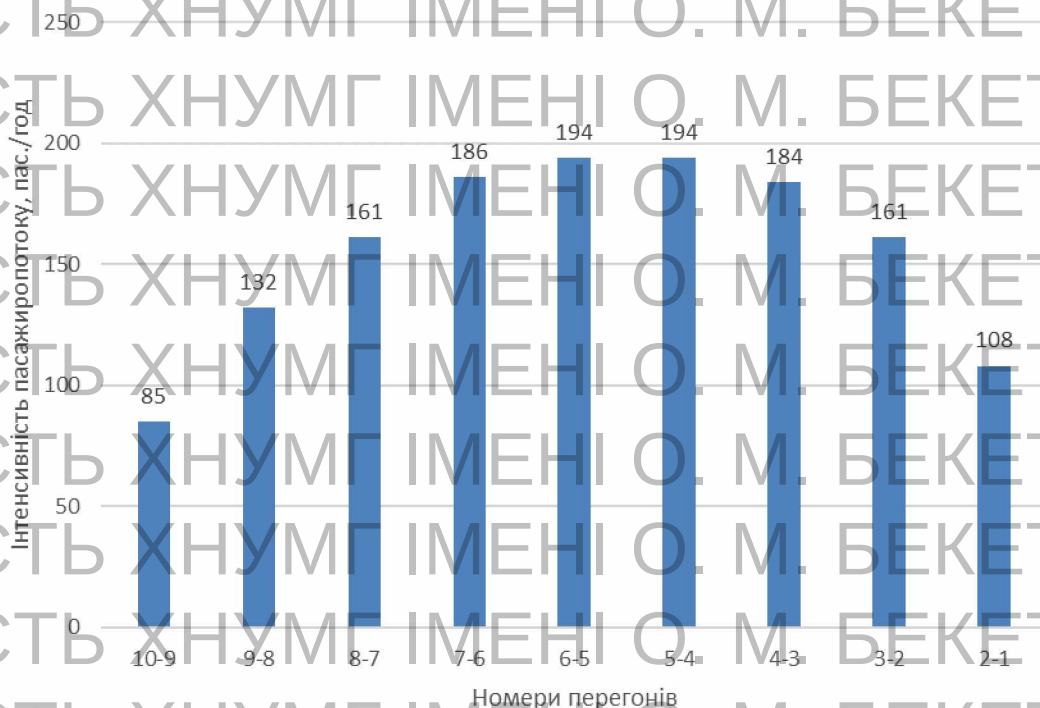


Рисунок 1.3 – Пасажиропотоки на маршруті у зворотному напрямку

Визначаємо максимальний пасажиропотік:

$$F_{\max} = \max\{193; 257; 299; 319; 327; 319; 294; 247; 183; \dots 108\} = 327 \text{ пас./год.}$$

Обсяг перевезень розраховуємо визначається:

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

У прямому напрямку:

$$Q = 193 + 70 + 59 + 38 + 36 + 27 + 18 + 11 + 8 = 460 \text{ пас.}$$

У зворотному напрямку:

$$Q = 85 + 52 + 37 + 36 + 24 + 21 + 18 + 9 + 8 = 290 \text{ пас.}$$

Сумарний обсяг:

$$Q = 460 + 290 = 750 \text{ пас.}$$

Транспортну роботу визначаємо:

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

де l_{i-j} - довжина перегону, км.

На перегоні 1–2:

$$W_{1-2} = 0,98 \cdot 193 = 189,1 \text{ пас. км.}$$

Результати обчислення транспортної роботи для інших перегонів маршруту наведено в табл. 1.1.

Загальна транспортна робота, виконана на маршруті у прямому напрямку руху, становить:

$$W = 189,1 + 226,2 + 319,9 + 283,9 + 317,2 + 261,6 + 326,3 + 190,2 + 221,4 = 2335,9 \text{ пас. км.}$$

У зворотному напрямку:

$$W = 102,9 + 101,6 + 178,7 + 152,5 + 188,2 + 172,7 + 196,9 + 141,7 + 105,8 = 1341,0 \text{ пас. км.}$$

Загалом по маршруту:

$$W = 2335,9 + 1341,0 = 3676,8 \text{ пас. км.}$$

Далі виконуємо вибір марки автобусу.

1.3 Вибір марки автобусу

За результатами аналізу пасажиропотоку, максимальна потужність якого становить 327 пас./год, для обслуговування маршруту доцільно застосовувати автобуси малого класу пасажиромісткості [2]. З урахуванням цієї рекомендації як альтернативні варіанти рухомого складу для виконання перевезень розглядаються автобуси Еталон А079.24 та IVECO Crossway LE 10.8, технічні характеристики яких наведено в табл. 1.2.

Розраховуємо експлуатаційні витрати:

$$Z_{\text{год}} = 3P_{\text{в}} + B_{\text{п}} + B_{\text{м}} + B_{\text{ТОиР}} + B_{\text{ш}} + B_{\text{а}} + B_{\text{уп}} + B_{\text{н}}, \quad (1.4)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

Наводимо розрахунок експлуатаційних витрат для автобусу Еталон А079.24.

Таблиця 1.2 – Характеристика обраних для порівняння марок автобусів

Показник	Еталон А079.24	IVECO Crossway LE 10.8
Годинна тарифна ставка водія, грн./год	198,26	198,26
Норма відрахувань на соціальне страхування, %	37,5	37,5
Витрата палива, л/100 км	20,5	22
Експлуатаційна швидкість, км/год	20	20
Вартість одного літра палива, грн./л	78,4	78,4
Норматив відрахувань на мастильні матеріали, %	10,2	10,2
Норма відрахувань на технічне обслуговування і ремонт, грн./1000 км	3960	4526
Кількість коліс автобусу без урахування запасного, од.	6	6
Вартість шини, грн.	4260	4260
Норма відрахувань на реновацію шин, %	3	3
Експлуатаційний пробіг шин, км	70000	70000
Кількість днів роботи маршруту, дн.	365	365
Середній час автобусу у наряді, год	8	8
Норма відрахувань на амортизацію рухомого складу, %	40	40
Вартість автобусу, грн.	2754000	3680000
Годинна тарифна ставка управлінського персоналу, грн/год.	203,77	203,77
Норматив відрахувань на накладні витрати, %	20	20

Витрати на заробітну платню водія

$$3\Pi_{\epsilon} = \Gamma_{mc} \cdot \left(1 + \frac{C_{cnp}}{100}\right), \quad (1.5)$$

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

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

$$3\Gamma_v = 198,26 \cdot \left(1 + \frac{37,5}{100}\right) = 272,61 \text{ грн.}$$

Витрати на паливо:

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

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

V_e – експлуатаційна швидкість, км/год;

$B_{1л}$ – вартість літра палива, грн./л.

$$B_n = \frac{20,5 \cdot 20 \cdot 78,4}{100} = 321,44 \text{ грн.}$$

Витрати на мастильні матеріали:

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

де C_m – відрахування на мастильні матеріали, %.

$$B_m = \frac{321,44 \cdot 10,2}{100} = 32,79 \text{ грн.}$$

Витрати на технічне обслуговування та ремонт:

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

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

$$B_{TOIP} = \frac{3960 \cdot 20}{1000} = 79,20 \text{ грн.}$$

Витрати на шини:

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

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

$B_{ш}$ – вартість однієї шини, грн.;

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

L_e – експлуатаційний пробіг шин, км;

D_p – календарні дні роботи на маршруті, дн.;

T_n – середній час перебування автобусу в наряді.

$$B_{ш} = \frac{6 \cdot 4260 \cdot 3 \cdot 70000}{100 \cdot 1000 \cdot 365 \cdot 8} = 18,38 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію автобусу:

$$B_a = \frac{H_a \cdot Ц_6}{100 \cdot D_p \cdot T_n}, \quad (1.10)$$

де H_a – норма відрахувань на амортизацію, %;

$I_{\text{сб}}$ – балансова вартість автобусу, грн.

$$B_a = \frac{40 \cdot 2754000}{100 \cdot 365 \cdot 8} = 377,26 \text{ грн.}$$

Витрати на заробітну платню управлінського персоналу:

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

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

$$B_{yn} = 203,77 \cdot (1 + 37,5/100) = 280,18 \text{ грн.}$$

Накладні витрати розраховуємо за формулою:

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

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

$$B_n = \frac{(272,61 + 321,44 + 32,79 + 79,20 + 18,38 + 377,26 + 280,1)}{100} = 276,37 \text{ грн.}$$

Загальні годинні експлуатаційні витрати для автобусу Еталон А079.24:

$$З_{\text{год}} = 272,61 + 321,44 + 32,79 + 79,20 + 18,38 + 377,26 + 280,18 + 276,37 = 1658,23 \text{ грн.}$$

Аналогічний розрахунок виконуємо для автобусу IVECO Crossway LE 10.8. Результати представлено у табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Результати розрахунку експлуатаційних витрат

Стаття витрат	Марка рухомого складу	
	Еталон А079.24	IVECO Crossway LE 10.8
Витрати на заробітну платню водія, грн./год	272,61	272,61
Витрати на паливо, грн./год	321,44	344,96
Витрати на мастильні матеріали, грн./год	32,79	35,19
Витрати на технічне обслуговування та ремонт автобусу, грн./год	79,20	90,52
Витрати на шини, грн./год	18,38	18,38
Витрати на амортизацію автобусу, грн./год	377,26	504,11
Витрати на заробітну платню управлінського персоналу, грн./год	280,18	280,18
Накладні витрати, грн./год	276,37	309,19
Сумарні експлуатаційні витрати, грн./год	1658,23	1855,14

За результатами проведених розрахунків експлуатаційних витрат встановлено, що найбільш економічно доцільним для обслуговування маршруту є використання автобусів Еталон А079.24. Це пояснюється тим, що для транспортних засобів цієї моделі сумарні експлуатаційні витрати є найменшими та становлять 1658,23 грн.

1.4 Розрахунок техніко-експлуатаційних показників роботи автобусів

Час оборту розраховуємо за формулою:

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

де l_m - довжина маршруту, км;

V_e - експлуатаційна швидкість, км/год.

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

Потрібну кількість автобусів:

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

де q_n - номінальна місткість, пас.

$$A = \frac{327 \cdot 0,8}{43} = 7 \text{ од.}$$

Інтервал руху:

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

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

Середню відстань поїздки:

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

У прямому напрямку:

$$l_{cp} = \frac{2335,9}{460} = 5,08 \text{ км.}$$

У зворотному напрямку:

$$l_{cp} = \frac{1341,0}{290} = 4,62 \text{ км.}$$

Динамічний коефіцієнт заповнення:

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

У прямому напрямку:

$$\gamma_o = \frac{0,87 \cdot 2335,9}{8,70 \cdot 43 \cdot 7} = 0,776.$$

У зворотному напрямку:

$$\gamma_{\partial} = \frac{0,87 \cdot 1341,0}{8,70 \cdot 43,7} = 0,446.$$

Статичний коефіцієнт заповнення:

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

де n - кількість перегонів, од.

Для прямого напрямку:

$$\gamma_c = \frac{0,87 \cdot 2438}{9,7 \cdot 43} = 0,783.$$

У зворотному напрямку:

$$\gamma_c = \frac{0,87 \cdot 1405}{9,7 \cdot 43} = 0,451.$$

Розраховуємо коефіцієнт змінюваності:

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

Для прямого напрямку:

$$\eta = \frac{8,7}{5,08} \times \frac{0,776}{0,783} = 1,70.$$

Для зворотного напрямку:

$$\eta = \frac{8,7}{4,62} \times \frac{0,446}{0,451} = 1,86.$$

На підставі проведених розрахунків формуємо табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Техніко-експлуатаційні показники роботи автобусів

№	Техніко-експлуатаційні показники роботи автобусів	Напрямок руху	
		прямий	зворотний
1	Обсяг перевезень перевезених пасажирів, пас.	460	290
2	Довжина маршруту, км	8,7	
3	Експлуатаційна швидкість на маршруті, км/год	20	
4	Час оборотного рейсу, хв.	52	
5	Пасажиромісткість автобусу, пас.	43	
6	Марка автобусу	Еталон А079.24	
7	Максимальний пасажиропотік на маршруті, пас/год	327	
8	Потрібна кількість одиниць автобусів, од.	7	
9	Інтервал руху автобусів, хв.	7,5	
10	Транспортна робота, пас. км	2335,9	1341,0
11	Середня дальність поїздки пасажирів, км	5,08	4,62
12	Коефіцієнт використання пасажиромісткості (динамічний)	0,776	0,446
13	Коефіцієнт використання пасажиромісткості (статичний)	0,783	0,451
14	Коефіцієнт змінності пасажирів	1,70	1,86

1.5 Прогнозування зміни обсягів перевезень

Для виконання прогнозування використано можливості програмного середовища Excel. Результати прогнозу обсягів пасажирських перевезень наведено в табл. 1.5, а їх графічну інтерпретацію представлено у вигляді діаграми на рис. 1.4.

Таблиця 1.5 – Статистичні дані щодо зміни обсягу перевезень (2023 – 2025 р.р.) та прогнозування на 2026 р.

Місяць	Обсяг перевезень за місяцями року, пас.			
	2023	2024	2025	2026
Січень	162884	179473	199808	189890
Лютий	172837	172480	163336	182383
Березень	156059	173076	182612	182919
Квітень	171889	165698	180511	176311
Травень	172521	173585	168893	184172
Червень	167781	184869	198513	190362
Липень	145979	148426	151203	160955
Серпень	144715	153201	169604	163076
Вересень	169677	189925	184002	193861
Жовтень	171889	161507	166880	180605
Листопад	162094	176101	174819	183266
Грудень	173153	167451	175980	189645
Річний обсяг перевезень, пас.	1971477	2045792	2116160	2177445



Рисунок 1.4 – Графік прогнозу зміни обсягу перевезень на 2026 р.

Згідно з результатами побудованого прогнозу, у 2026 році очікується збільшення обсягу пасажирських перевезень на 61 284 пас., що відповідає приросту на 2,90 %.

1.6 Висновки по розділу

1. Проведено аналіз сучасних методів проектування перевізного процесу, визначено основні чинники, що впливають на ефективність функціонування автобусних маршрутів, та встановлено, що раціональна організація перевезень повинна базуватися на результатах дослідження пасажиропотоків, оптимальному виборі рухомого складу, розробленні ефективного розкладу руху та вдосконаленні організації дорожнього руху.

2. За результатами розрахунку пасажиропотоків встановлено, що максимальна інтенсивність пасажирського потоку на маршруті становить 327 пас./год і спостерігається на перегоні 5–6. Загальний обсяг перевезень у годину дослідження складає 750 пасажирів, а транспортна робота на

маршруті досягає 3676,8 пас. км, що характеризує рівень транспортного навантаження та є основою для подальшого вибору параметрів перевізного процесу.

3. На підставі аналізу пасажиропотоку виконано порівняння двох альтернативних моделей автобусів за експлуатаційними витратами. Розрахунки показали, що найбільш економічно доцільним є використання автобусів Еталон А079.24, для яких сумарні експлуатаційні витрати становлять 1658,23 грн/год, що є нижчим показником порівняно з альтернативним варіантом. Визначено також основні техніко-експлуатаційні параметри роботи маршруту: необхідна кількість автобусів - 7 одиниць, час оборотного рейсу - 52 хв, плановий інтервал руху - 7,5 хв, а коефіцієнти використання пасажиромісткості свідчать про достатньо ефективне використання рухомого складу.

4. Виконане прогнозування дало змогу встановити тенденцію подальшого збільшення попиту на перевезення. Очікується, що у 2026 році річний обсяг перевезень зросте до 2177445 пасажирів, що на 61284 пасажирів (2,9 %) більше порівняно з попереднім роком. Отримані результати є підґрунтям для подальшого розроблення раціонального розкладу руху автобусів, оптимізації режимів роботи маршруту та підвищення ефективності транспортного обслуговування населення.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА РОЗКЛАДУ РУХУ

2.1 Визначення кількості автобусів

Виконуємо розрахунок величини пасажиропотоків для різних періодів функціонування маршруту:

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

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

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

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

Для періоду 6:00 - 7:00:

$$F_{6:00-7:00} = 327 \cdot 0,32 = 105 \text{ пас./год.}$$

Для інших періодів результати розрахунку представлені у табл. 2.1.

Потрібну кількість автобусів визначаємо так:

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

Таблиця 2.1 – Потреба в рухомому складі на маршруті та інтервали руху

Час роботи маршруту	Коефіцієнт добової нерівномірності	Інтенсивність пасажиропотоку, пас./год	Потрібна кількість рухомого складу, од.	Скорегована кількість рухомого складу, од.	Інтервал руху, хв.
6:00 - 7:00	0,32	105	3	3	17,4
7:00 - 8:00	0,74	242	5	5	10,4
8:00 - 9:00	1	327	7	7	7,5
9:00 - 10:00	0,82	268	6	6	8,7
10:00 - 11:00	0,63	206	5	5	10,4
11:00 - 12:00	0,54	177	4	4	13,1
12:00 - 13:00	0,49	160	4	4	13,1
13:00 - 14:00	0,38	124	3	3	17,4
14:00 - 15:00	0,43	141	3	3	17,4
15:00 - 16:00	0,72	235	5	5	10,4
16:00 - 17:00	0,93	304	7	7	7,5
17:00 - 18:00	0,88	288	6	6	8,7
18:00 - 19:00	0,57	186	4	4	13,1
19:00 - 20:00	0,43	141	3	3	17,4
20:00 - 21:00	0,38	124	3	3	17,4
21:00 - 22:00	0,28	92	2	3	17,4
22:00 - 23:00	0,21	69	2	3	17,4
23:00 - 00:00	0,17	56	2	3	17,4

Для періоду 6:00 - 7:00:

$$A_{6:00-7:00} = \frac{105 \cdot 0,87}{43} = 3 \text{ од.}$$

Для інших періодів результати розрахунків занесено до табл. 2.1.

Максимальну 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.

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

Мінімальну кількість автобусів:

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

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

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

З урахуванням розрахованих мінімального та максимального значень кількості автобусів виконуємо коригування їх необхідної чисельності на маршруті. Результати розрахунків наведено в табл. 2.1.

На підставі отриманих даних побудовано діаграму зміни пасажиропотоку (рис. 2.1) та діаграму, що відображає необхідну кількість автобусів у різні періоди роботи маршруту (рис. 2.2).



Рисунок 2.1 – Зміна пасажиропотоку на протязі часу роботи маршруту



Рисунок 2.2 - Зміна кількості автобусів на протязі часу роботи маршруту

2.2 Розробка графіку роботи водіїв і автобусів

Розроблення графіка роботи водіїв і автобусів здійснюємо відповідно до вимог, викладених у роботах [1, 2]. Побудований графік наведено на рис.

2.3.

Для оцінювання якості сформованого графіка визначаємо коефіцієнт ефективності його побудови:

$$K_{ef} = \frac{AG_{пот}}{AG_{поб}}, \quad (2.5)$$

де $AG_{пот}$ – автомобіле-години потрібні;

$AG_{поб}$ – автомобіле-години побудовані.

Для розробленого графіку коефіцієнт ефективності:

$$K_{ef} = \frac{82}{77} = 0,939.$$

Таке значення задовольняє умові $0,9 \leq K_{ef} \leq 1,0$. Таким чином, графік використовуємо під час розробки маршрутного розкладу.

2.3 Розробка розкладу руху автобусів на маршруті

Розраховуємо інтервали руху:

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

Номер
випуску

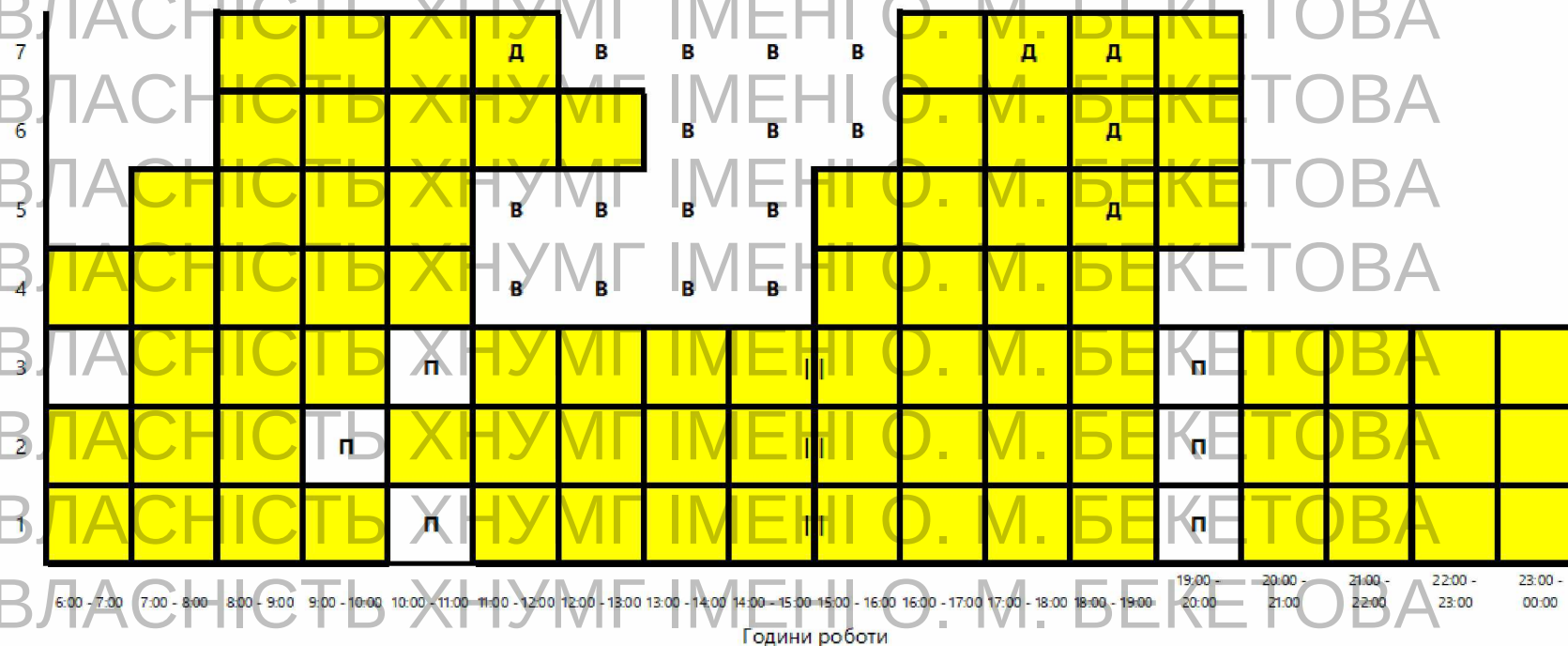


Рисунок 2.3 - Графік роботи водіїв та автобусів

У період 6:00 - 7:00:

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

Для інших періодів результати наведено у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Інтервали руху

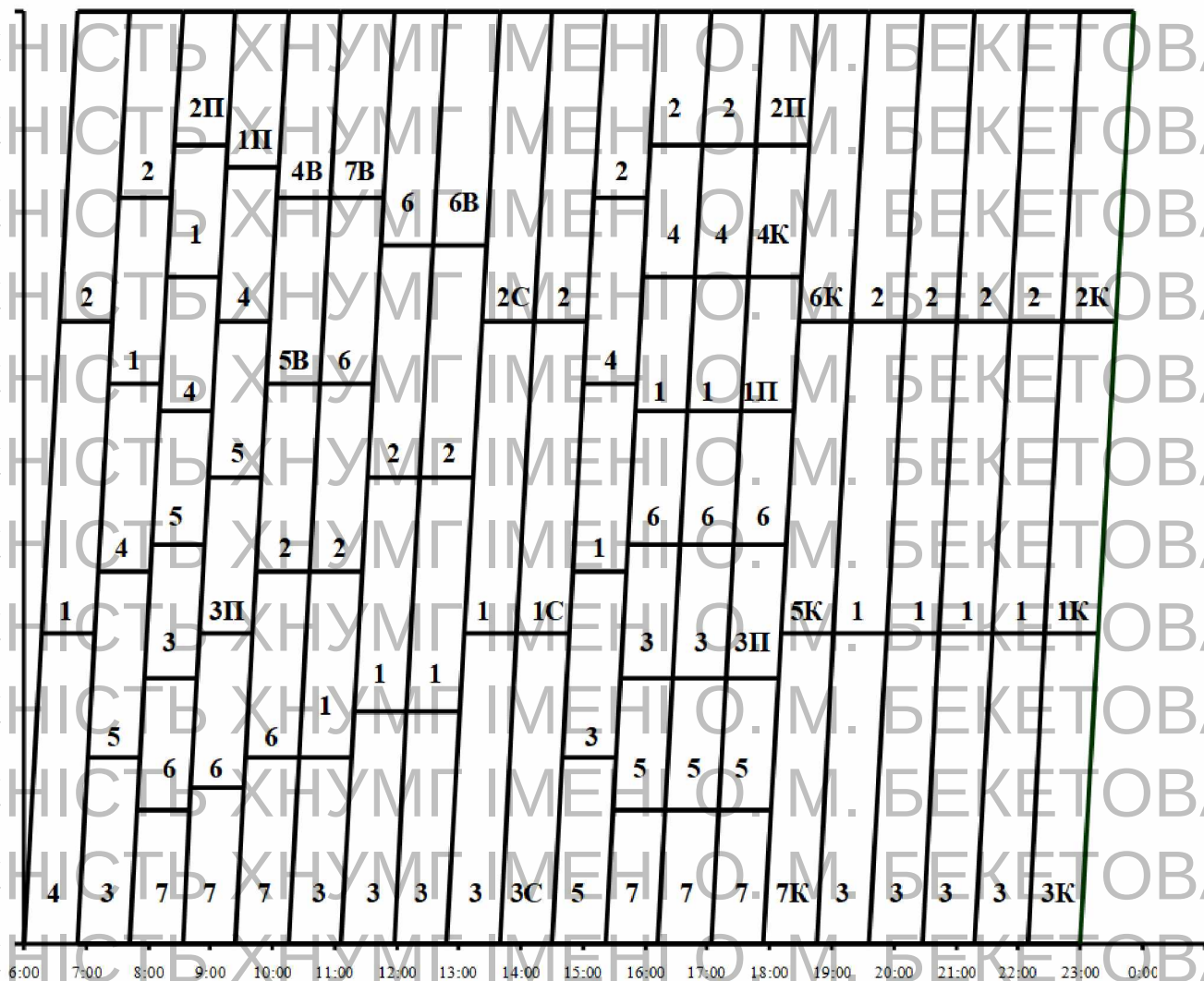
Години роботи	6:00 - 7:00	7:00 - 8:00	8:00 - 9:00	9:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 13:00	13:00 - 14:00	14:00 - 15:00
Кількість транспортних засобів, од.	3	5	7	6	5	5	4	3	3
Інтервал руху, хв.	17,4	10,4	7,5	8,7	10,4	10,4	13,1	17,4	17,4
Години роботи	15:00 - 16:00	16:00 - 17:00	17:00 - 18:00	18:00 - 19:00	19:00 - 20:00	20:00 - 21:00	21:00 - 22:00	22:00 - 23:00	23:00 - 00:00
Кількість транспортних засобів, од.	5	7	7	7	3	3	3	3	3
Інтервал руху, хв.	10,4	7,5	7,5	7,5	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4

З урахуванням розрахованих інтервалів руху відповідно до методики, наведеної в роботах [4, 7], будемо стрічковий графік руху автобусів на маршруті (рис. 2.4). На його основі складаємо маршрутний розклад руху транспортних засобів, який наведено в табл. 2.3.

Використовуючи розроблений маршрутний розклад, визначаємо час виїзду кожного автобуса з автотранспортного підприємства:

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

Випуски



Години роботи

Рисунок 2.4 - Стрічковий графік

Таблиця 2.3 - Розклад руху автобусів

Випуск 1		Випуск 2		Випуск 3		Випуск 4		Випуск 5		Випуск 6		Випуск 7	
К31	К32	К31	К32	К31	К32	К31	К32	К31	К32	К31	К32	К31	К32
6:17	6:43	6:34	7:00	6:52	7:18	6:00	6:26	7:02	7:28	7:51	8:17	7:44	8:10
7:23	7:49	7:33	7:59	7:58	8:24	7:12	7:38	8:06	8:32	8:44	9:10	8:36	9:02
8:21	8:47	8:28	8:54	8:53	9:19	8:13	8:39	9:02	9:28	9:38	10:04	9:28	9:54
9:19	9:45	9:20	П	9:45	П	9:10	9:36	9:59	10:25	10:51	11:17	11:01	11:27
10:11	П	9:48	10:14	10:20	10:46	10:09	10:35	10:51	В	11:51	12:17	11:53	В
10:30	10:56	10:40	11:06	11:12	11:38	11:01	В	14:40	15:06	12:43	13:09	15:32	15:58
11:25	11:51	11:38	12:04	12:04	12:30	15:11	15:37	15:39	16:05	13:35	В	16:24	16:50
12:17	12:43	12:30	12:56	12:56	13:22	16:09	16:35	16:31	16:57	15:54	16:20	17:16	17:42
13:13	13:39	13:30	13:56	13:48	14:14	17:01	17:27	17:23	17:49	16:46	17:12	18:08	18:34
14:05	14:31	14:22	С	14:40	С	17:53	18:19	18:25	18:51	17:38	18:04	19:00	К
14:57	С	14:22	14:48	14:50	15:16	18:45	К	19:17	К	18:42	19:08		
15:00	15:26	15:21	15:47	15:46	16:12					19:34	К		
16:01	16:27	16:16	16:42	16:38	17:04								
16:53	17:19	17:08	17:34	17:30	17:56								
17:45	18:11	18:00	18:26	18:22	П								
18:37	П	18:52	П	19:00	19:26								
19:17	19:43	19:34	20:00	19:52	20:18								
20:09	20:35	20:26	20:52	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	К								
23:37	К	23:54	К										

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

t_0 - час здійснення нульового пробігу.

Визначаємо час заїзду до АТП:

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

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

Час нульового пробігу:

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

де l_0 - нульовий пробіг, км;

V_m - технічна швидкість, км/год.

$$t_0 = \frac{2,2 \cdot 60}{26} = 10 \text{ хв.}$$

Для першого випуску:

$$t_{\text{виїзд}} = 6:17 - 0:05 = 6:12 \text{ год,}$$

$$t_{\text{заїзд}} = 23:37 + 0:05 = 23:42 \text{ год.}$$

Результати інших розрахунків наведені 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 обідньої перерви (відстою), год.

Для першого випуску:

$$T_{n1} = 23:42 - 6:12 - (0:54 + 0:39) = 15:55 \text{ год.}$$

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

Таблиця 2.4 – Складники часу роботи водіїв та автобусів

Випуск			1	2	3	4	5	6	7
Час виїзду			6:12	6:29	6:47	5:55	6:57	7:46	7:39
Час заїзду			23:42	23:59	23:25	18:50	19:22	19:39	19:05
Час перерви (відстою)	1-зміна		0:54	0:52	0:34	4:09	3:48	3:11	3:38
	2-зміна		0:39	0:42	0:37				
Час роботи на маршруті	1-зміна (до відстою)	до перерви	3:54	2:45	2:53	5:01	3:48	5:43	4:09
		після перерви	4:26	4:33	4:20				
	2-зміна (після відстою)	до перерви	3:40	4:29	3:42	3:33	4:37	3:40	3:28
		після перерви	4:20	4:20	4:20				
Час у наряді автобусу			15:55	15:55	15:26	8:45	8:36	8:41	7:47
Кількість виконаних обертів			18	18	17	9	9	9	8

2.4 Висновки по розділу

1. На основі коефіцієнтів добової нерівномірності визначено зміну інтенсивності пасажиропотоку за годинами роботи маршруту та розраховано необхідну кількість автобусів для кожного періоду доби. Встановлено, що

максимальна потреба в рухомому складі становить 7 автобусів у години найбільшого пасажирського навантаження, тоді як у періоди мінімального попиту для забезпечення прийнятної інтервали руху достатньо 3 автобусів.

2. На підставі проведених розрахунків сформовано графік зміни кількості автобусів на маршруті та визначено інтервали руху залежно від рівня транспортного попиту. У години пік інтервал руху скорочено до 7,5 хв, що забезпечує належний рівень транспортного обслуговування, тоді як у міжпікові та вечірні години інтервал збільшується до 17,4 хв, що дозволяє раціонально використовувати рухомий склад без погіршення доступності перевезень.

3. Відповідно до отриманих результатів побудовано графік роботи водіїв і автобусів та оцінено його ефективність. Розрахований коефіцієнт ефективності становить 0,939, що відповідає нормативним вимогам та свідчить про раціональний розподіл автобусів протягом робочого дня. На основі побудованого графіка розроблено стрічковий графік руху і маршрутний розклад, визначено час виїзду та повернення кожного автобуса до автотранспортного підприємства, а також тривалість їх перебування у наряді. Таким чином, виконані розрахунки дозволили сформувати обґрунтований розклад руху автобусів, який забезпечує узгодження пропозиції транспортних послуг із фактичним попитом на перевезення. Запропонована організація роботи рухомого складу сприяє підвищенню регулярності перевезень, більш ефективному використанню автобусів і водіїв, скороченню непродуктивних простоїв та створює передумови для підвищення якості транспортного обслуговування пасажирів.

РОЗДІЛ 3

ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ МАРШРУТУ

3.1 Оснащення перехрестя засобами організації руху

Виконуємо розроблення схеми розташування технічних засобів організації дорожнього руху на досліджуваному перехресті. Розроблену схему наведено на рис. 3.1.

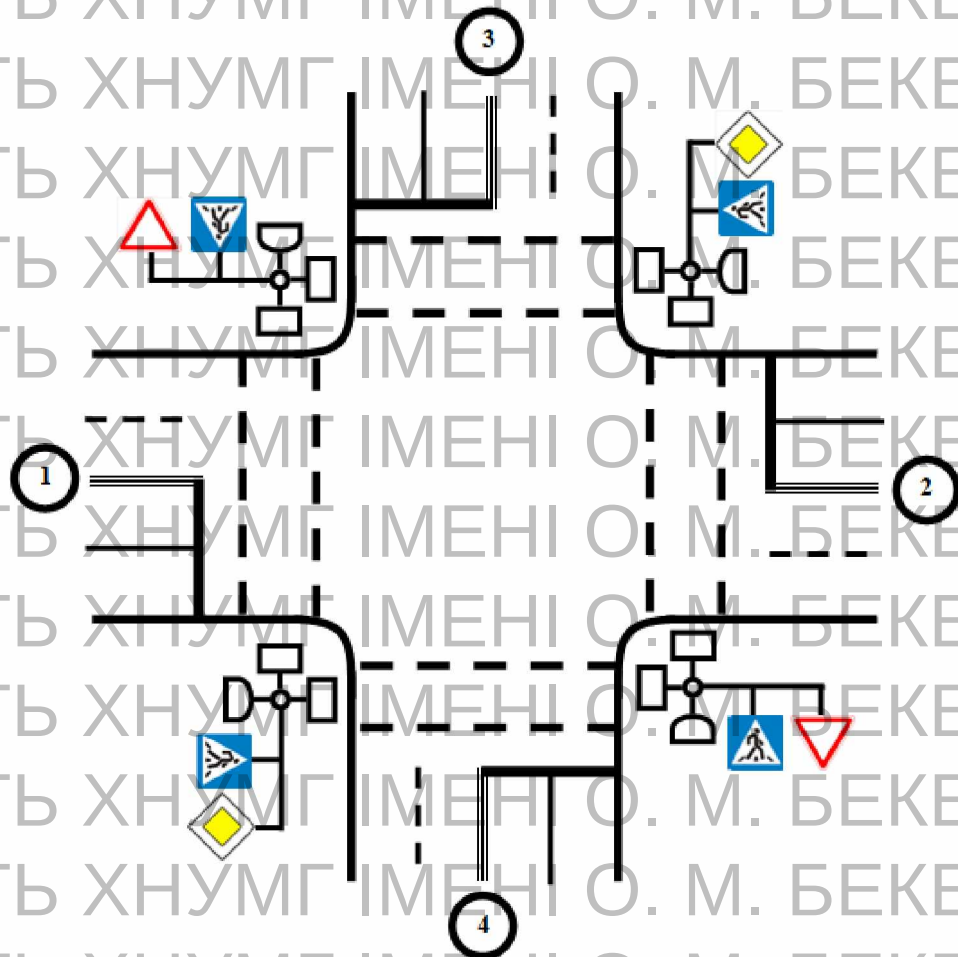


Рисунок 3.1 – Схема розташування технічних засобів організації руху на перехресті

Відповідно до розробленої схеми передбачається нанесення дорожньої розмітки, встановлення дорожніх знаків, а також розміщення світлофорних об'єктів.

3.2 Розробка схеми пофазного роз'їзду

Виконуємо розроблення схеми пофазного роз'їзду транспортних засобів на досліджуваному перехресті. Відповідно до вимог [12], враховуючи, що інтенсивність лівоповоротних транспортних потоків не перевищує 120 авт./год, для організації світлофорного регулювання приймаємо двофазний режим. Схеми пофазного роз'їзду транспортних засобів наведено на рис. 3.2 та 3.3.

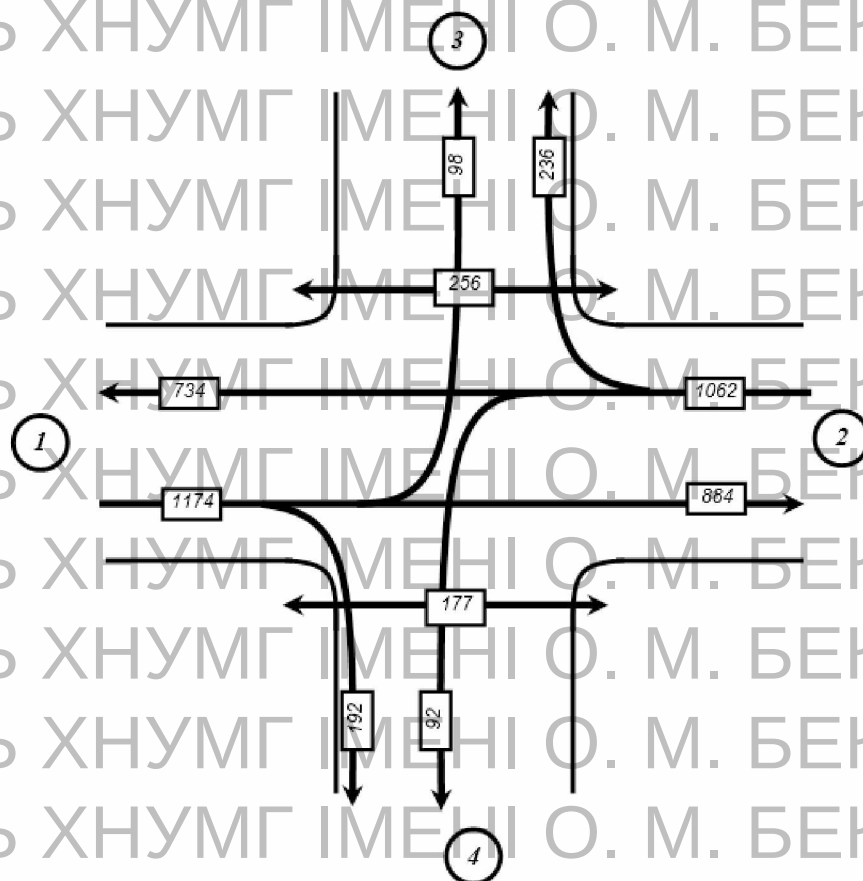


Рисунок 3.2 – Дозволені напрямки руху у першій фазі регулювання

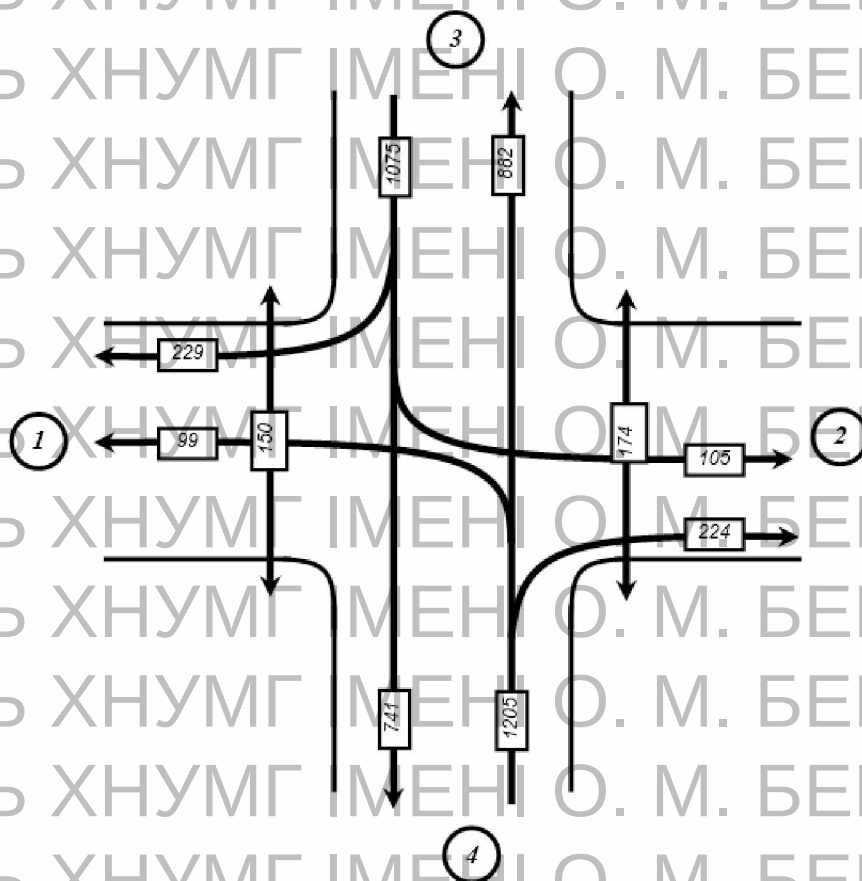


Рисунок 3.3 – Дозволені напрямки руху у другій фазі регулювання

Наступним етапом, з урахуванням розробленої схеми пофазного роз'їзду транспортних засобів, є визначення раціональних параметрів світлофорного регулювання на перехресті.

3.3 Оптимізація параметрів світлофорного регулювання

Проводимо розрахунок потоку насичення:

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

$B_{ПЧ}$ – ширина дороги, м;

K_R, K_i, K_C – коефіцієнти зменшення потоку насичення.

Коефіцієнт зменшення через вплив складу 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, %.

$$M_{H1(1-2, 1-3, 1-4)} = 525 \cdot 6 \cdot (100 / (75,3 + 1,75 \cdot 8,3 + 1,25 \cdot 16,4)) = 2855 \text{ авт./год.}$$

$$M_{H1(2-1, 2-3, 2-4)} = 525 \cdot 6 \cdot (100 / (69,1 + 1,75 \cdot 8,7 + 1,25 \cdot 22,2)) = 2811 \text{ авт./год.}$$

$$M_{H2(3-1, 3-2, 3-4)} = 525 \cdot 6 \cdot (100 / (68,9 + 1,75 \cdot 9,8 + 1,25 \cdot 21,3)) = 2796 \text{ авт./год.}$$

$$M_{H2(4-1, 4-2, 4-3)} = 525 \cdot 6 \cdot (100 / (73,2 + 1,75 \cdot 8,2 + 1,25 \cdot 18,6)) = 2843 \text{ авт./год.}$$

Фазові коефіцієнти:

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

де N_{npj} – інтенсивність руху, за j -им напрямком, авт/год.

$$Y_{1(1-2, 1-3, 1-4)} = 1174 / 2855 = 0,411.$$

$$Y_{1(2-1, 2-3, 2-4)} = 1062 / 2811 = 0,378.$$

$$Y_{2(3-1, 3-2, 3-4)} = 1075 / 2796 = 0,384.$$

$$Y_{2(4-1, 4-2, 4-3)} = 1205/2843 = 0,424.$$

Розрахункові значення фазових коефіцієнтів визначаємо за максимальними значеннями для кожної фази. Для першої фази розрахунковий фазовий коефіцієнт становить 0,411, тоді як для другої фази його значення дорівнює 0,424.

На підставі розрахунку формуємо табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Встановлення розрахункових фазових коефіцієнтів

Світлофорна фаза	1		2	
Підхід до перехрестя	1	2	3	4
Інтенсивність руху транспорту, авт./год	1174	1062	1075	1205
Потік насичення, авт./год	2855	2811	2796	2843
Фазовий коефіцієнт	0,411	0,378	0,384	0,424
Розрахункове значення фазового коефіцієнту	0,411		0,424	

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, м/с²;

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

l_a – середня довжина автомобіля, м.

Тривалість проміжного такту:

$$t_n = \frac{47}{7,2 \cdot 4} + \frac{3,6 \cdot (13,3 + 5,1)}{47} = 4 \text{ с.}$$

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 фазових коефіцієнтів.

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

де k – кількість фаз.

$$T_n = 4 + 4 = 8 \text{ с.}$$

$$Y = \sum_{i=1}^k Y_i, \quad (3.7)$$

$$Y = 0,411 + 0,424 = 0,835.$$

$$T_y = \frac{1,5 \cdot 8 + 5}{1 - 0,835} = 103 \text{ с.}$$

Розраховуємо час, що потрібен пішоходам для перетину дороги:

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

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

$$t_{nu(1,2)} = \frac{12}{1,3} + 5 = 14 \text{ с.}$$

$$t_{nu(3,4)} = \frac{12}{1,3} + 5 = 14 \text{ с.}$$

Тривалість основних тактів:

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

$$t_{o1} = \frac{(103 - 0,835)}{0,835} = 47 \text{ с.}$$

$$t_{o2} = \frac{(103 - 0,835)}{0,835} = 48 \text{ с.}$$

Середня затримка на перехресті:

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

де K – кількість фаз регулювання, од.;

$t_{\Delta Pj}$ – середня затримка 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.

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

$$\lambda_1 = 47/103 = 0,456; \lambda_2 = 48/103 = 0,466.$$

Ступінь насичення:

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

$$X_{1(1-2, 1-3, 1-4)} = \frac{1174 \cdot 10}{2855 \cdot 47} = 0,901.$$

$$X_{1(2-1, 2-3, 2-4)} = \frac{1062 \cdot 10}{2811 \cdot 47} = 0,828.$$

$$X_{2(3-1, 3-2, 3-4)} = \frac{1075 \cdot 10}{2796 \cdot 48} = 0,825.$$

$$X_{2(4-1, 4-2, 4-3)} = \frac{1205 \cdot 10}{2843 \cdot 48} = 0,910.$$

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

$$t_{\Delta Pj(1-2,1-3,1-4)} = 0,9 \cdot \left[\frac{103 \cdot (1 - 0,456)^2}{2 \cdot (1 - 0,456 \cdot 0,901)} + \frac{0,901^2}{2 \cdot 1174 \cdot (1 - 0,901)} \right] = 23,28 \text{ с.}$$

Результати інших розрахунків представлено у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Параметри регулювання та затримки руху (пропонований цикл)

Номер фази	1		2	
Підхід до перехрестя	1	2	3	4
Час основних тактів, с	47		48	
Час проміжних тактів, с	4		4	
Час світлофорного циклу, с	103			
Потік насичення, авт./год	2855	2811	2796	2843
Інтенсивність транспортних потоків, авт/год	1174	1062	1075	1205
Відношення тривалості дозволяючих сигналів до часу циклу	0,456	0,456	0,466	0,466
Ступінь насичення напрямків руху	0,901	0,828	0,825	0,910
Затримки руху за напрямками, с.	23,28	22,02	21,47	22,94
Середня затримка, с	22,46			

Середня затримка на перехресті:

$$t_{\Delta P}^{**} = \frac{23,28 \cdot 1174 + 22,02 \cdot 1062 + 21,47 \cdot 1075 + 22,94 \cdot 1205}{1174 + 1062 + 1075 + 1205} = 22,46 \text{ с.}$$

Таблиця 3.3 – Параметри регулювання та затримки руху (наявний цикл)

Номер фази	1		2	
Підхід до перехрестя	1	2	3	4
Час основних тактів, с	51		51	
Час проміжних тактів, с	4		4	
Час світлофорного циклу, с	110			
Потік насичення, авт./год	2855	2811	2796	2843
Інтенсивність транспортних потоків, авт/год	1174	1062	1075	1205
Відношення тривалості дозволяючих сигналів до часу циклу	0,464	0,464	0,464	0,464
Ступінь насичення напрямків руху	0,887	0,815	0,829	0,914
Затримки руху за напрямками, с.	24,19	22,89	23,14	24,72
Середня затримка, с	23,78			

Зміна середньої затримки:

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

$$\Delta \bar{t} = 23,78 - 22,46 = 1,31 \text{ с.}$$

За результатами виконаних розрахунків встановлено, що впровадження запропонованого циклу світлофорного регулювання забезпечить зменшення середньої затримки транспортних засобів на перехресті на 1,31 с.

3.4 Висновки по розділу

1. Розроблено заходи з удосконалення організації дорожнього руху на перехресті, розташованому на маршруті міських автобусних перевезень.

Запропоновано схему оснащення перехрестя технічними засобами організації

дорожнього руху, яка передбачає встановлення необхідних дорожніх знаків, світлофорів і нанесення дорожньої розмітки відповідно до чинних нормативних вимог. Реалізація запропонованих заходів спрямована на підвищення безпеки дорожнього руху, покращення орієнтування учасників дорожнього руху та впорядкування транспортних і пішохідних потоків.

2. На основі аналізу інтенсивності транспортних потоків розроблено схему пофазного роз'їзду транспортних засобів. Встановлено, що за існуючих умов найбільш доцільним є застосування двофазного світлофорного циклу, оскільки інтенсивність лівоповоротних потоків не перевищує нормативних значень. Для кожної фази визначено розрахункові фазові коефіцієнти, які становлять 0,411 та 0,424, що стало основою для подальшого визначення параметрів світлофорного циклу.

3. У результаті проведених розрахунків оптимізовано параметри світлофорного регулювання. Визначено потоки насичення для всіх підходів до перехрестя, розраховано тривалість проміжних тактів по 4 с, загальну тривалість циклу світлофорного регулювання 103 с, а також основні такти тривалістю 47 с і 48 с. Додатково перевірено достатність часу для безпечного переходу пішоходів, який становить 14 с, що відповідає вимогам безпеки та забезпечує безконфліктний пропуск пішохідних потоків.

4. Оцінювання ефективності запропонованих заходів показало, що після оптимізації середня затримка транспортних засобів на перехресті зменшується з 23,78 с до 22,46 с, тобто на 1,31 с. Отримані результати підтверджують ефективність запропонованої організації світлофорного регулювання, яка забезпечує більш раціональний розподіл часу циклу між фазами, підвищує пропускну спроможність перехрестя, скорочує транспортні затримки та створює більш сприятливі умови для руху автобусів і інших учасників дорожнього руху.

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз сучасних методів проектування перевізного процесу, визначено основні чинники, що впливають на ефективність функціонування автобусних маршрутів, та встановлено, що раціональна організація перевезень повинна базуватися на результатах дослідження пасажиропотоків, оптимальному виборі рухомого складу, розробленні ефективного розкладу руху та вдосконаленні організації дорожнього руху.

2. За результатами розрахунку пасажиропотоків встановлено, що максимальна інтенсивність пасажирського потоку на маршруті становить 327 пас./год і спостерігається на перегоні 5–6. Загальний обсяг перевезень у годину дослідження складає 750 пасажирів, а транспортна робота на маршруті досягає 3676,8 пас. км, що характеризує рівень транспортного навантаження та є основою для подальшого вибору параметрів перевізного процесу.

3. На підставі аналізу пасажиропотоку виконано порівняння двох альтернативних моделей автобусів за експлуатаційними витратами. Розрахунки показали, що найбільш економічно доцільним є використання автобусів Еталон А079.24, для яких сумарні експлуатаційні витрати становлять 1658,23 грн/год, що є нижчим показником порівняно з альтернативним варіантом. Визначено також основні техніко-експлуатаційні параметри роботи маршруту: необхідна кількість автобусів - 7 одиниць, час оборотного рейсу - 52 хв, плановий інтервал руху - 7,5 хв, а коефіцієнти використання пасажиромісткості свідчать про достатньо ефективне використання рухомого складу.

4. Виконане прогнозування дало змогу встановити тенденцію подальшого збільшення попиту на перевезення. Очікується, що у 2026 році річний обсяг перевезень зросте до 2177445 пасажирів, що на 61284 пасажири

(2,9 %) більше порівняно з попереднім роком. Отримані результати є підґрунтям для подальшого розроблення раціонального розкладу руху автобусів, оптимізації режимів роботи маршруту та підвищення ефективності транспортного обслуговування населення.

5. Проведено аналіз сучасних методів проектування перевізного процесу, визначено основні чинники, що впливають на ефективність функціонування автобусних маршрутів, та встановлено, що раціональна організація перевезень повинна базуватися на результатах дослідження пасажиропотоків, оптимальному виборі рухомого складу, розробленні ефективного розкладу руху та вдосконаленні організації дорожнього руху.

6. За результатами розрахунку пасажиропотоків встановлено, що максимальна інтенсивність пасажирського потоку на маршруті становить 327 пас./год і спостерігається на перегоні 5–6. Загальний обсяг перевезень у годину дослідження складає 750 пасажирів, а транспортна робота на маршруті досягає 3676,8 пас. км, що характеризує рівень транспортного навантаження та є основою для подальшого вибору параметрів перевізного процесу.

7. На підставі аналізу пасажиропотоку виконано порівняння двох альтернативних моделей автобусів за експлуатаційними витратами. Розрахунки показали, що найбільш економічно доцільним є використання автобусів Еталон А079.24, для яких сумарні експлуатаційні витрати становлять 1658,23 грн/год, що є нижчим показником порівняно з альтернативним варіантом. Визначено також основні техніко-експлуатаційні параметри роботи маршруту: необхідна кількість автобусів - 7 одиниць, час оборотного рейсу - 52 хв, плановий інтервал руху - 7,5 хв, а коефіцієнти використання пасажиромісткості свідчать про достатньо ефективне використання рухомого складу.

8. Виконане прогнозування дало змогу встановити тенденцію подальшого збільшення попиту на перевезення. Очікується, що у 2026 році

річний обсяг перевезень зростає до 2177445 пасажирів, що на 61284 пасажирів (2,9 %) більше порівняно з попереднім роком. Отримані результати є підґрунтям для подальшого розроблення раціонального розкладу руху автобусів, оптимізації режимів роботи маршруту та підвищення ефективності транспортного обслуговування населення.

9. Розроблено заходи з удосконалення організації дорожнього руху на перехресті, розташованому на маршруті міських автобусних перевезень. Запропоновано схему оснащення перехрестя технічними засобами організації дорожнього руху, яка передбачає встановлення необхідних дорожніх знаків, світлофорів і нанесення дорожньої розмітки відповідно до чинних нормативних вимог. Реалізація запропонованих заходів спрямована на підвищення безпеки дорожнього руху, покращення орієнтування учасників дорожнього руху та впорядкування транспортних і пішохідних потоків.

10. На основі аналізу інтенсивності транспортних потоків розроблено схему пофазного роз'їзду транспортних засобів. Встановлено, що за існуючих умов найбільш доцільним є застосування двофазного світлофорного циклу, оскільки інтенсивність лівоповоротних потоків не перевищує нормативних значень. Для кожної фази визначено розрахункові фазові коефіцієнти, які становлять 0,411 та 0,424, що стало основою для подальшого визначення параметрів світлофорного циклу.

11. У результаті проведених розрахунків оптимізовано параметри світлофорного регулювання. Визначено потоки насичення для всіх підходів до перехрестя, розраховано тривалість проміжних тактів по 4 с, загальну тривалість циклу світлофорного регулювання 103 с, а також основні такти тривалістю 47 с і 48 с. Додатково перевірено достатність часу для безпечного переходу пішоходів, який становить 14 с, що відповідає вимогам безпеки та забезпечує безконфліктний пропуск пішохідних потоків.

12. Оцінювання ефективності запропонованих заходів показало, що після оптимізації середня затримка транспортних засобів на перехресті

зменшується з 23,78 с до 22,46 с, тобто на 1,31 с. Отримані результати підтверджують ефективність запропонованої організації світлофорного регулювання, яка забезпечує більш раціональний розподіл часу циклу між фазами, підвищує пропускну спроможність перехрестя, скорочує транспортні затримки та створює більш сприятливі умови для руху автобусів і інших учасників дорожнього руху.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Розумний транспорт і логістика для міст: навчальний посібник / [авт. колетив: О.О. Лобашов, М.В. Ольхова, А.С. Галкін та ін.] Житомир: «Житомирська політехніка», 2021. 612 с.
2. Безлюбченко О. С., Гордієнко С. М., Завальний О. В. Планування міст і транспорт: навч. Посібник. Харків: ХНАМГ, 2008. 156 с.
3. Доля В. К. Пасажирські перевезення: підручник Харків: Форт, 2010. 504 с.
4. Вакуленко К. Є., Доля К. В. Управління міським пасажирським транспортом: навч. посібник. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. 257 с.
5. 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. Босняк М.Г. Пасажирські автомобільні перевезення. Навчальний посібник. Київ: Слово, 2009. 272 с.
8. Давідіч Ю. О. Розробка розкладу руху транспортних засобів при організації пасажирських перевезень: навч. посіб. Харків: ХНАМГ, 2010. 345 с.
9. Лежнева О. І. Організація перевезень пасажирів у містах: Навчальний посібник. Харків: Точка, 2010. 311 с.
10. Ceder A. Public transit planning and operation: theory, modeling and practice. Oxford: Elsevier, 2007. 626 p.
11. Лобашов О. О., Прасоленко О. В. Практикум з дисципліни «Організація дорожнього руху»: навч. посіб. Харків: ХНАМГ, 2011. 221 с.
12. Кашканов А. А., Кужель В. П. Організація дорожнього руху: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2017. 125 с.