

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 5287 пасажирів**

Виконала: студентка 3 курсу, групи ТТ 2023-1у,
спеціальності 275 «Транспортні технології»,
освітньої програми «Транспортні технології
(міський транспорт)»

Цвіркун В. С.

Керівник Пруненко Д. О.

Рецензент Боронько В. В.

Харків – 2026 року

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

Національний енергетичний, інформаційний та транспортний інфраструктури

Кафедра Транспортних систем і логістики

Освітньо-кваліфікаційний рівень Бакалавр

Спеціальність 275 «Транспортні технології»

Освітня програма

«Транспортні технології (міський транспорт)»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

проф. Куд Є.

20 26 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ

Цвіркун Вероніці Сергіївні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Проектування організації перевезень на міському автобусному маршруті з добовим обсягом перевезень 5287 пасажирів

керівник проекту (роботи) доц. Пруненко Д.О., д.с.т.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "22" травня 2026 р.
№ 440-03.

Строк подання студентом проекту (роботи) 15 червня 2026 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) параметри для оцінки технології перевезень пасажирів на маршруті, аналітичні дані щодо аварійності в областях країни, перехрестя маршруту і інтенсивності руху.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розвинути) Вступ. Дослідження теоретичних положень. Проектування процесу перевезення на маршруті міського пасажирського транспорту. Організація дорожнього руху на перехресті. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Основні положення і результати роботи представлені у електронному вигляді з використанням офісного пакету PowerPoint

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання	завдання
Антинікитит	Інж. кер. ТСТ Т.Т.Толмачов І.О.	видав	приймав

7. Дата видачі завдання 01.05.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Дослідження теоретичних положень	01.05-11.05.26	Вик.
2	Проектування процесу перевезення на маршруті міського пасажирського транспорту	12.05-19.05.26	Вик.
3	Організація дорожнього руху на перехресті	20.05-05.06.26	Вик.
4	Оформлення пояснювальної записки	06.06-12.06.26	Вик.
5	Оформлення презентації до роботи	12.06-15.06.26	Вик.

Студентка

(підпис)

Івріжук В.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Пруненко Д.О.

(прізвище та ініціали)

Додаток
з вихідними даними до виконання кваліфікаційної роботи студентці

Цвіркун Вероніка Сергіївна

Таблиця 1 – Характеристики пасажирообміну зупиночних пунктів

Прямий напрямок			Зворотній напрямок		
Номер зупинки	Пасажирообмін, пас.		Номер зупинки	Пасажирообмін, пас.	
	$Q_{\text{пр}}$	$Q_{\text{зв}}$		$Q_{\text{пр}}$	$Q_{\text{зв}}$
1	86	0	1	156	0
2	99	81	2	162	115
3	107	82	3	174	158
4	126	94	4	192	184
5	133	126	5	206	206
6	135	134	6	234	216
7	148	145	7	248	232
8	175	156	8	239	240
9	195	178	9	228	223
10	192	194	10	219	215
11	192	216	11	183	203
12	185	254	12	169	197
13	173	182	13	158	175
14	152	156	14	132	169
15	149	171	15	116	141
16	131	121	16	93	137
17	0	88	17	0	98
Всього	2378	2378	Всього	2909	2909

Таблиця 2 – Діапазон зміни пасажиропотоків

Година доби	Пасажиро-потік, пас/год.	Година доби	Пасажиро-потік, пас/год.	Година доби	Пасажиро-потік, пас/год.
5 ⁰⁰ - 6 ⁰⁰	81	11 ⁰⁰ - 12 ⁰⁰	54	17 ⁰⁰ - 18 ⁰⁰	242
6 ⁰⁰ - 7 ⁰⁰	215	12 ⁰⁰ - 13 ⁰⁰	81	18 ⁰⁰ - 19 ⁰⁰	161
7 ⁰⁰ - 8 ⁰⁰	269	13 ⁰⁰ - 14 ⁰⁰	135	19 ⁰⁰ - 20 ⁰⁰	135
8 ⁰⁰ - 9 ⁰⁰	215	14 ⁰⁰ - 15 ⁰⁰	161	20 ⁰⁰ - 21 ⁰⁰	81
9 ⁰⁰ - 10 ⁰⁰	135	15 ⁰⁰ - 16 ⁰⁰	161	21 ⁰⁰ - 22 ⁰⁰	54
10 ⁰⁰ - 11 ⁰⁰	81	16 ⁰⁰ - 17 ⁰⁰	215	22 ⁰⁰ - 23 ⁰⁰	27

Таблиця 2 – Розподіл обсягів перевезень пасажирів за місяцями в періоді 2023-2025 рр.

Місяць року	Обсяги перевезень пасажирів за три роки, тис. пас.		
	2023	2024	2025
Січень	200,1	220,6	204,0
Лютий	216,7	216,7	222,3
Березень	208,2	203,7	214,3
Квітень	202,3	205,3	234,8
Травень	231,6	202,3	216,0
Червень	231,1	218,3	217,0
Липень	226,0	225,1	205,0
Серпень	227,9	209,7	237,3
Вересень	200,8	210,6	215,4
Жовтень	203,9	213,9	208,2
Листопад	239,6	218,7	211,1
Грудень	216,6	237,1	209,8
Всього	2604,9	2588,1	2595,1

Таблиця 3 – Параметри маршруту

Параметр	Значення
Довжина перегону, м.	0,356; 0,411; 0,606; 0,487; 0,399; 0,377; 0,580; 0,478; 0,449; 0,576; 0,397; 0,591; 0,380; 0,366; 0,544; 0,536
Нульовий пробіг, км.	12,5
Кількість зупиночних пунктів, од.	17
Місткість автобусу, q_n	15
Кількість обертів на маршруті, од.	20
Кількість проміжних зупинних пунктів	16
Експлуатаційна швидкість на маршруті, км/год.	20
Дефіцит транспортних засобів на маршруті	1,0

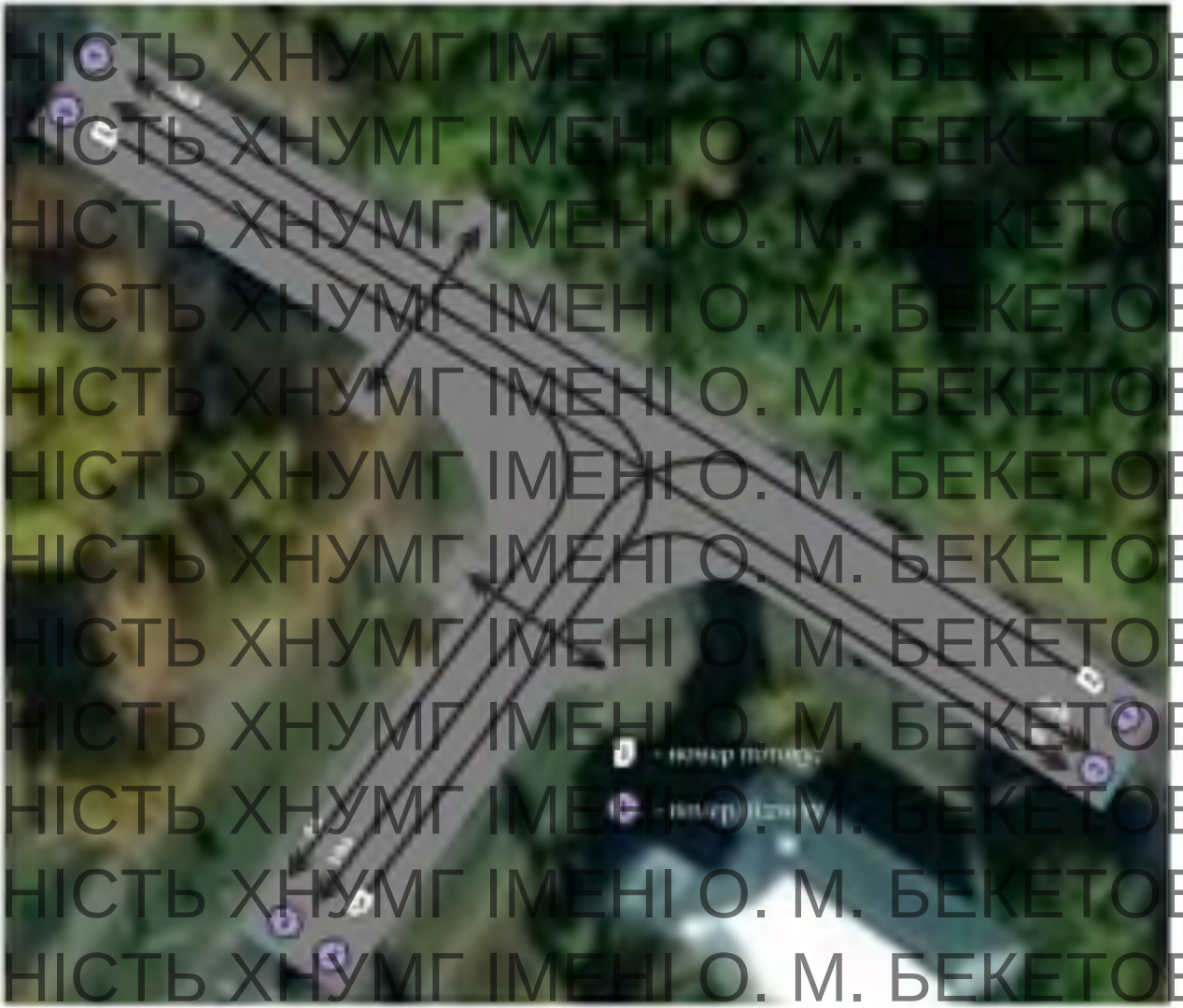


Рисунок 1 – Картограма потоків на перехресті маршруту

Студентка

(підпис)

Цвіркун В. С.

(підпис та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Пруненко Д. О.

(підпис та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 49 сторінок, 22 рисунки, 10 таблиць, 10 джерел.

Об'єкт дослідження: організація перевезень на міському автобусному маршруті.

Мета роботи: проектування організації перевезень на міському автобусному маршруті з добовим обсягом перевезень 5287 пасажирів.

Методи дослідження: теоретичні, аналітичні, табличні, графічні, розрахункові, моделювання.

Отримані результати: визначені показники технології перевезень пасажирів на міському маршруті, виконано побудову графіку роботи автобусів та водіїв для 14 автобусів; отримане значення коефіцієнту ефективності побудови вказує на відхилення побудованих клітин на графіку від потрібних на 9%, що є прийнятним для інженерних розрахунків та забезпечення прийнятних результатів; сформовано стрічковий графік та розклад руху для 14 автобусів; сформовано циклограму роботи світлофорів з часом циклу 36 с.; представлено схему перехрестя з технічними засобами на ньому; представлено моделювання проїзду перехрестя автомобілями та переходу пішоходами в кожній з фаз регулювання; визначено якісні показники руху транспортних потоків, затримку – 13,46 с., кількість зупинок під час руху – 0,82 од., навантаження на тротуари: викиди CO – 133,39 гр. та NO – 25,95 гр. витрати палива – 7,39 л. за час циклу моделювання.

Рекомендації з впровадження: представлені розрахункові методики можуть бути використані на реальних елементах з урахуванням особливостей транспортних технологій на міському транспорті.

ДОРОЖНИЙ РУХ, АВАРІЙНІСТЬ, ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ,
ПОКАЗНИКИ, РОЗКЛАД РУХУ, ПЕРЕХРЕСТЯ

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ПОЛОЖЕНЬ	6
1.1. Аналіз методів підвищення безпеки руху на маршрутах пасажирських транспортних засобів	6
1.1.1. Статистика дорожньо-транспортних пригод в Україні за 2020-2024 роки	7
1.1.2. Класифікація методів підвищення безпеки руху	12
1.1.3. Організаційно-технічні методи	12
1.1.4. Планувальні та інфраструктурні методи	13
1.1.5. Інженерно-конструкторські методи	14
1.1.6. Людський чинник та професійна підготовка водіїв	15
1.1.7. Методологічні підходи та правове забезпечення	16
1.2. Висновки до розділу	18
РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ НА МАРШРУТІ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ	19
2.1. Прогнозування обсягів перевезень на маршруті	19
2.2. Визначення показників перевезень пасажирів на маршруті	21
2.3. Визначення кількості автобусів для роботи на маршруті	28
2.4. Розробка розкладу руху	32
2.5. Висновки по розділу	33
РОЗДІЛ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ	37
3.1. Теоретичне підґрунтя для організації дорожнього руху	37
3.2. Висновки по розділу	45
ВИСНОВКИ	47
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	49

ННІЕТІ ТЗЛТТ 2023-1 у ТТ ХХХ ХПЗ

Дат.	Дрк.	Ар. докум.	Прот.	Бачи.	Дат.	Дрк.	Архив
Розроб.	Циркули В. С.				к	Р	Г
Перевір.	Григоренко А. О.				Б		49
Д. Бачи.	Бачи.				ХНУМГ		
Підпис.	Підпис.						

Пояснювальна записка

РОЗДІЛ I ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ПОЛОЖЕНЬ

1.1. Аналіз методів підвищення безпеки руху на маршрутах пасажирських транспортних засобів

Безпека дорожнього руху на міських автобусних маршрутах є запорукою ефективного функціонування пасажирської транспортної системи. Зростання щільності транспортних потоків, збільшення добового обсягу перевезень та вплив людського фактору вимагають комплексного підходу до попередження аварійних ситуацій. Безпека дорожнього руху є складною багатфакторною системою, яка охоплює правові, технічні, організаційні та психофізіологічні аспекти [1, 2].

Забезпечення безпеки на дорогах є однією з ключових проблем сучасного суспільства, яка потребує комплексного підходу для зменшення кількості дорожньо-транспортних пригод (ДТП) та збереження людських життів. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), щорічно внаслідок ДТП гине понад 1,35 мільйона осіб, а мільйони отримують серйозні травми, що створює значне навантаження на системи охорони здоров'я та економіки держав [2].

Підвищення безпеки дорожнього руху стало пріоритетом для багатьох країн, що зумовило розвиток нових підходів, методів та інструментів управління безпекою на маршрутах пасажирського транспорту. Починаючи з 2020 року Україна реалізує Стратегію підвищення рівня безпеки дорожнього руху, що передбачає системне впровадження як організаційних, так і технічних заходів [3, 4].

1.1.1. Статистика дорожньо-транспортних пригод в Україні за 2020–2024 роки

Для оцінки актуальності проблеми безпеки руху на пасажирських маршрутах необхідно проаналізувати статистичні дані про кількість ДТП, загиблих та травмованих по регіонах України. Нижче наведено зведені дані за період 2020–2024 років за матеріалами Патрульної поліції України (рис. 1.1).

Регіон	ДТП з загиблими та/або травмованими														
	2020						2021						2022		
Всього, шт.	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2020	2021	2022
Всього, шт.	798	941	911	876	941	922	102	110	104	106	100	108	158	169	166
Київська	749	892	881	838	906	891	114	98	91	98	97	97	842	871	858
Дніпропетровська	1258	1045	1031	978	1075	1071	306	266	280	285	289	290	178	1738	1687
Львівська	983	991	981	1000	995	1000	126	128	120	130	127	128	181	184	180
Закарпатська	542	497	488	461	481	476	108	112	89	97	98	98	93	687	661
Хмельницька	1259	1183	1161	1081	1121	1121	171	173	167	181	173	181	87	1266	1281
Вінницька	721	691	681	681	681	681	118	118	108	108	111	111	91	111	111
Черкаська	948	1001	981	1001	981	981	101	101	98	101	101	101	101	101	101
Харківська	897	821	818	781	801	801	111	111	81	108	100	111	111	111	111
Чернівецька	693	619	601	581	601	601	101	101	81	101	101	101	101	101	101
Полтавська	1028	1001	981	981	981	981	128	128	108	108	108	108	108	108	108
Чернігівська	938	1001	981	1011	1011	1011	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Сумська	1011	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Луганська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Донецька	718	718	718	718	718	718	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Закарпатська	618	718	718	718	718	718	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Львівська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Дніпропетровська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Хмельницька	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Вінницька	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Черкаська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Харківська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Чернівецька	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Полтавська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Чернігівська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Сумська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Луганська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Донецька	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Закарпатська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Львівська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Дніпропетровська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Хмельницька	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Вінницька	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Черкаська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Харківська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Чернівецька	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Полтавська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Чернігівська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Сумська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Луганська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Донецька	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Закарпатська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Львівська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Дніпропетровська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Хмельницька	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Вінницька	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Черкаська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Харківська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Чернівецька	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Полтавська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Чернігівська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Сумська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Луганська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Донецька	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Закарпатська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Львівська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Дніпропетровська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Хмельницька	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Вінницька	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Черкаська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Харківська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Чернівецька	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Полтавська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Чернігівська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Сумська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Луганська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Донецька	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Закарпатська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Львівська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Дніпропетровська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Хмельницька	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Вінницька	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Черкаська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Харківська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Чернівецька	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Полтавська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Чернігівська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Сумська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Луганська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Донецька	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Закарпатська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Львівська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Дніпропетровська	1001	1001	1001	1001	1001	1001	101	101	101	101	10				



Рисунок 1.2 – Діаграма кількості ДТП по регіонах за період 2020-2025 рр.

На рис. 1.2 показано яким чином інтенсивність дорожнього руху та міграційні процеси в Україні реагують на зовнішні фактори. Падіння аварійності у 2022 році не було результатом покращення культури водіння, а наслідком шоку першого року війни. Наступне зростання у 2024–2025 роках підкреслює нерівномірність доріг у тилових та хабових регіонах (Львів, Дніпро, Київ), що вимагає додаткової уваги з боку патрульної поліції та покращення дорожньої інфраструктури.

На рис. 1.3 представлено кількість загиблих на дорогах України, яка після тимчасового спаду у 2022 році знову загострилася у 2024–2025 роках. Найбільша кількість життів втрачається не в містах, а на транзитних автомагістралях Дніпропетровщини, Київщини та Львівщини. Це свідчить про необхідність повернення суворого контролю швидкості (камер автофіксації), покращення освітлення доріг у темну пору доби та посилення безпекових заходів на ключових трасах країни.



Рисунок 1.3 Кількість загиблих у ДТП по регіонах за період 2020-2025 рр.



Рисунок 1.4 Кількість загиблих у ДТП по регіонах за період 2020-2025 рр.

Трафік та аварійність змістилися на Захід та в Центр. Навантаження на мостову та дорожню інфраструктуру Львівської, Дніпропетровської та Київської областей є колосальним. Стрімке зростання травматизму у 2024–2025 роках свідчать про те, що водії адаптувалися до умов воєнного стану, почали їздити швидше (чому також сприяє часткове зняття блокування у тилу), що на тлі перевантажених доріг призводить до великої кількості аварій із важкими фізичними наслідками для пасажирів та пішоходів.

[illegible]

Як видно з діаграм, рівень аварійності в Україні залишається стабільно високим. Незважаючи на загальну тенденцію до скорочення кількості ДТП, що відбудовується з 2022 року (зокрема, унаслідок воєнного стану та зменшення інтенсивності руху), показники загиблих та

травмованих записуються критично значущими.



Рисунок 1.6 – Кількість загиблих у ДТП по регіонах України за 2020-2025 рр.



Рисунок 1.7 – Кількість травмованих у ДТП по регіонах України за 2020-2025 рр.

Це підтверджує необхідність системного застосування заходів підвищення безпеки руху на маршрутах пасажирських транспортних засобів [6–8].

1.1.2. Класифікація методів підвищення безпеки руху

Аналіз дозволяє систематизувати наявні методи підвищення безпеки руху на маршрутах пасажирських транспортних засобів у п'ять основних груп.

Класифікація методів представлена в табл. 1.1 [6 - 8].

Таблиця 1.1 Класифікація методів підвищення безпеки руху на маршрутах пасажирських ТЗ

Організаційно-технічні	Планувальні та інфраструктурні	Інженерно-конструкторські	Людський фактор та підготовка водіїв	Правове та методологічне забезпечення
Виділені смуги GPS/GNSS-моніторинг Тахографи Медогляди водіїв	Оптимізація зупинки Кішкень для заїзду Світлофорне регулювання Дорожня розмітка	AEBS, ESC Відеоспостереження Електронні системи Конструктивна безпека	Відбір водіїв Тренінги Психологічне тестування Контрольоване водіння	НДП України ДСТУ, нормативи Статистичний аналіз Моделювання (Vissim)

1.1.3. Організаційно-технічні методи

До організаційно-технічних методів належать заходи, спрямовані на вдосконалення управління транспортними потоками та контроль за роботою водіїв. Одним із найефективніших заходів є виділення спеціалізованих смуг для громадського транспорту, що дозволяє зменшити ймовірність зіткнень з легковими автомобілями та скоротити час циклу «вхід/вихід» пасажирів [5, 6].

Міжнародний досвід свідчить, що запровадження виділених смуг дозволяє збільшити пасажиропотік до 22% або забезпечити обслуговування понад 470 тис. пас. щоденно [6, 7]. Важливе місце посідає контроль швидкісного режиму з використанням тахографів та систем супутникової навігації (GPS/GNSS).

Системи супутникового моніторингу дозволяють не лише фіксувати перевищення швидкості, але й контролювати дотримання графіку руху, що особливо важливо для міських маршрутів з інтенсивним пасажиропотоком [7, 8].

Це особливо важливо, враховуючи, що перевищення швидкості є однією з головних причин аварійності в Україні. Не менш значущим є проведення регулярних, передрейсових та після-рейсових медичних оглядів водіїв. Статистика свідчить, що значна частина ДТП на пасажирському транспорті пов'язана з погіршенням стану здоров'я водіїв або їх втомою [7, 8].

1.1.4 Планувальні та інфраструктурні методи

Планувальні методи базуються на раціональному проектуванні вулично-дорожньої мережі та розташуванні зупинок громадського транспорту. Оптимальна відстань між зупинками має становити не менше 400–500 метрів у центральній частині міста та 600–800 метрів у спальних районах. Падмірно часте розташування зупинок підвищує ризик наїздів на пасажирів, що поспішають, тоді як занадто рідкісне змушує пасажирів долати значні відстані пішки, що також створює додаткові небезпеки [6 - 8].

Облаштування «кишень» для заїзду на зупинки є обов'язковою вимогою для безпечної експлуатації міських автобусних маршрутів. Така конструкція дозволяє автобусу не блокувати основну смугу руху, що суттєво знижує ризик зіткнень з транспортними засобами, які рухаються позаду [6, 7]. Особливої уваги заслуговує застосування технічних засобів організації дорожнього руху – ефективність різних типів світлофорного регулювання, дорожніх знаків та розмітки для забезпечення безпеки на перехрестях та пішохідних переходах [6 - 8]. Дорожні світлофори повинні відповідати загальним технічним вимогам, правилам застосування та вимогам безпеки [6 - 8].

1.1.5. Інженерно-конструкторські методи

Інженерно-конструкторські методи спрямовані на підвищення активної та пасивної безпеки самих транспортних засобів. Сучасні автобуси мають оснащуватися системами екстреного гальмування (AEBS), контролю стійкості (ESC) та іншими електронними системами активної безпеки. Технічний стан транспортного засобу є одним із ключових факторів, що впливають на виникнення аварійних ситуацій [6].

Використання відслюсарювання в салоні та зовні автобуса дозволяє контролювати дії водія, фіксувати різкі маневри, а також здійснювати моніторинг ситуації на дорозі [8]. Встановлення зовнішніх динаміків для інформування пішоходів про початок руху є особливо актуальним для електробусів. Автобуси для перевезення пасажирів повинні відповідати технічним вимогам щодо безпеки, включаючи міцність конструкції, засоби пасивної безпеки, вимоги до сидінь та їх кріплення, а також протипожежну безпеку [8].

Таблиця 1.2 Порівняння основних систем активної безпеки автобусів

Система	Функція	Ефект зниження аварійності	Нормативна база
AEBS (Automatic Emergency Braking)	Автоматичне екстрене гальмування при виявленні перешкоди	Знижує ризик зіткнень ззаду на 38-45 %	Регламент ЄС 2019/2144
ESC (Electronic Stability Control)	Стабілізація ТЗ при критичних маневрах та ковзанні	Зменшує кількість перекидань на 59 %	ДСТУ UN-ECE R13, R13-H
Відеоспостереження (DVR)	Фіксація поведінки водія, дорожньої обстановки, пасажирів	Скорочення порушень ПДР водіями на 30 %	Власні стандарти перевізника
GPS/GNSS-моніторинг	Контроль швидкості, відхилення від маршруту, дотримання розкладу	Зниження перевищень швидкості на 25 %	Закон України «Про автомобільний транспорт»

1.1.6. Людський чинник та професійна підготовка водіїв

Проблема людського чинника в забезпеченні безпеки дорожнього руху є однією з найбільш актуальних. Як свідчать статистичні дані, понад 80 % ДТП відбуваються з вини водіїв, і значна частина цих пригод пов'язана з помилками водіїв пасажирського транспорту [7]. Тому питання професійної підготовки, психофізіологічного відбору та контролю стану водіїв набувають особливого значення.

Поведінка водія є визначальним фактором у системі «водій–автомобіль–дорога–середовище». Водій автобуса, на відміну від водія легкового автомобіля, несе відповідальність не лише за власну безпеку та безпеку пасажирів, але й за безпеку інших учасників дорожнього руху, враховуючи обмежену маневреність та значні габарити транспортного засобу [8].

Існує декілька ключових аспектів впливу людського фактора на безпеку пасажирських перевезень [6–8]:

- професійна компетентність – рівень знань, навичок та вмінь водія, його здатність правильно оцінювати дорожню ситуацію та приймати адекватні рішення;

- психофізіологічний стан – показники уваги, швидкості реакції, емоційної стійкості, втомлюваності. Дослідження показують, що після 4–6 годин безперервного керування автобусом показники уваги та швидкості реакції водія суттєво погіршуються [7];

- мотиваційна сфера – ставлення водія до виконання професійних обов'язків, дотримання правил дорожнього руху, відповідальність за життя та здоров'я пасажирів [7].

Для підвищення рівня професійної підготовки водіїв рекомендується проводити щорічні тренінги з контраварійного водіння, які включають відпрацювання навичок екстреного гальмування, маневрування в умовах обмеженої видимості, дій у разі відмови гальмівної системи [8].

Крім того, важливим є психологічне тестування водіїв на стресостійкість та швидкість реакції, особливо при прийнятті на роботу [8].

1.1.7. Методологічні підходи та правове забезпечення.

Наразі існує декілька методологічних підходів до аналізу та прогнозування безпеки дорожнього руху на пасажирських маршрутах. Статистичний підхід базується на аналізі даних про ДТП за тривалий період та дозволяє виявити закономірності виникнення аварійних ситуацій, визначити «вузькі місця» маршруту [6-8]. Імовірісно-статистичні методи дозволяють оцінювати ризики виникнення аварійних ситуацій на основі аналізу випадкових факторів і особливо корисні при прогнозуванні зміни обсягів перевезень [6-8].

Модельовання транспортних потоків є сучасним інструментом оцінки безпеки маршрутів. За допомогою програмних комплексів (PTV Vissim, AIMSUN, SUMO) можна до призначення розкладу перевірити сценарії взаємодії автобусів з іншими учасниками руху, оцінити затримки на перехрестях та оптимізувати світлофорні режими [6-8].

Правове забезпечення безпеки дорожнього руху в Україні визначає правове становище учасників дорожнього руху, особливості регулювання та підстави притягнення до відповідальності за правопорушення [6-8]. В Україні діє система нормативно-правових актів, що регулюють безпеку дорожнього руху, включаючи Правила дорожнього руху [6-8]. Дотримання цих нормативів є обов'язковим при проєктуванні та експлуатації маршрутів пасажирського транспорту.

1.1.8. Закордонний та вітчизняний досвід. Перспективні напрямки.

Аналіз зарубіжного досвіду свідчить, що ефективне управління безпекою пасажирських перевезень базується на трьох принципах: системний підхід, постійний моніторинг та активна участь усіх зацікавлених. Перспективними напрямками підвищення безпеки є [6-8]:

інтелектуальні транспортні системи (ITS), автоматизоване управління дорожнім рухом, інформування водіїв про дорожню ситуацію в реальному часі, адаптивне світлофорне регулювання.

безпілотні технології – автобуси з високим рівнем автоматизації управління, які поступово впроваджуються в містах Європи та Азії [7].

системи активної безпеки нового покоління – автоматичне екстремне гальмування з розпізнаванням пішоходів, системи утримання в смузі руху, адаптивний круїз-контроль [6-8].

В Україні питання безпеки пасажирських перевезень регулюється низкою нормативних документів та постійно вдосконалюється. Досвід міст Києва, Львова, Одеси, Харкова [5-8] свідчить, що найбільш ефективними заходами є:

- впровадження систем GPS-моніторингу на маршрутах громадського транспорту;
- облаштування виділених смуг для автобусів на магістральних вулицях;
- проведення регулярних перевірок технічного стану автобусів перед виїздом на лінії;
- підвищення кваліфікації водіїв через обов'язкові курси контраванійного водіння [6-8].

1.2. Висновки до розділу

Проведений аналіз показав, що безпека руху на міському автобусному маршруті забезпечується комплексом організаційних, інфраструктурних, технічних, правових та людських факторів. Жоден окремий метод не дає абсолютного захисту, тому необхідним є системний підхід.

Статистичний аналіз даних по регіонах України за 2020-2024 рр. підтверджує, що найвищий рівень аварійності спостерігається в містах з інтенсивним рухом – Київ, Дніпропетровська, Одеська та Харківська області, що безпосередньо визначає актуальність теми дослідження.

Найбільш дієвими методами для умов щільної міської забудови є: виділення спеціалізованої смуги для громадського транспорту, передрейсовий контроль стану водіїв та їх психофізіологічне тестування, використання систем активної безпеки сучасних автобусів (AEBS, ESC), моделювання конфліктних точок на перехрестях з подальшою оптимізацією.

Встановлено, що однією з основних причин ДТП за участю автобусів є невідповідність режимів світлофорного регулювання фактичній інтенсивності руху.

Для розробки ефективного графіку роботи водіїв та розкладу руху слід врахувати, що безпека прямо корелює з уникненням перевтомлення. На основі психофізіологічних досліджень, тривалість безперервного керування автобусом не має перевищувати 4 годин з подальшою обов'язковою перервою не менше 30 хвилин.

При проєктуванні маршруту необхідно керуватися чинними нормативно-правовими актами України та Правилами дорожнього руху, що забезпечить відповідність розробок сучасним вимогам безпеки.

РОЗДІЛ 2

ПРОЕКТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ НА МАРШРУТІ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

2.1. Прогнозування обсягів перевезень на маршруті

В даному підрозділі виконаємо прогнозування обсягів перевезень на 2026 рік на основі аналізу даних обсягів перевезень пасажирів в діапазоні з 2023-2025 рр. помісячно.

За вихідними даними маємо дані зміни обсягу перевезень пасажирів на маршруті 2023-2025 рр.

Проводимо прогнозування обсягу перевезень на 2026 рік, враховуючи чинник сезонності. Значення представляємо у вигляді табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Дані прогнозування обсягу перевезень на 2026 рік з прив'язками низької та високої ймовірності

Місяць. Рік	Дані прогнозування, тис. пас.	Прив'язка низької ймовірності, тис. пас.	Прив'язка високої ймовірності, тис. пас.
Січ.26	210,7	183,3	238,1
Лют.26	216,5	188,2	244,8
Бер.26	204,4	175,3	233,6
Кві.26	208,7	178,8	238,6
Тра.26	204,8	174,1	235,6
Чер.26	216,7	183,2	248,2
Лип.26	215,8	183,5	248,2
Сер.26	220,0	186,9	253,1
Вер.26	206,6	172,7	240,4
Жов.26	204,0	169,4	238,6
Лис.26	219,3	184,0	254,6
Гру.26	213,3	179,2	251,3



Рисунок 2.1 Графічне представлення прогнозу обсягу перевезень пасажирів на 2026 р.

За результатами прогнозування можна запропонувати зміну загальних обсягів перевезень по роках в період 2023-2026 рр. для аналізу зміни цього показника, що дозволить опланувати обсяг надходжень від здійснення послуг з перевезення пасажирів та визначити напрямки удосконалення транспортного підприємства.

Нижче наведено графічне зображення зміни обсягів перевезень за останні чотири роки (рис. 2.2)



Рисунок 2.2 – Зміна обсягів перевезень пасажирів за останні чотири роки

Аналіз даних діаграми (рис. 2.2) вказує на наявну тенденцію зниження обсягів перевезень. Найбільші сумарні обсяги перевезень спостерігались в 2023 році – 2604,9 тис.пас., в 2024 році обсяги знизились на 16,8 тис.пас., надалі незначно зросли на 7,1 тис. пас. в 2025 році, та знизились на 524 тис. пас. в 2026 році. Це означає, що 2026 рік з точки зору обсягів перевезень буде найгіршим за весь цей період по результатам прогнозування.

2.2. Визначення показників перевезень пасажирів на маршруті

В роботі бакалавра будемо досліджувати маршрут довільної конфігурації, що складається з сімнадцяти зупиночних пунктів (рис. 2.3)

Довжина перегонів маршруту також зазначена на схемі



Рисунок 2.3 – Схема автобусного маршруту

Представлений маршрут (рис. 2.3) складатися з 17 зупиночних пунктів та 16 перегонів маршруту. На автобусному маршруті працюють транспортні засоби пасажиромісткістю 15 пас.

Визначаємо кількісні технологічні показники. Обсяги перевезень [9]:

$$\{Q_{\text{пр}} = 86 + 99 + 107 + 126 + 133 + 135 + 148 + 175 + 195 + 192 + 192 + 185 + 173 + 152 + 149 + 131 + 0 + 0 + 81 + 82 + 94 + 126 + 134 + 145 + 156 + 178 + 194 + 216 + 254 + 182 + 156 + 171 + 121 + 88 = 2378 \text{ пас./доб.},$$

$$\{Q_{\text{д}} = 156 + 162 + 174 + 192 + 206 + 234 + 248 + 239 + 238 + 219 + 183 + 169 + 158 + 132 + 116 + 93 + 0 + 0 + 115 + 158 + 184 + 206 + 216 + 232 + 240 + 223 + 215 + 203 + 197 + 175 + 169 + 141 + 137 + 98 = 2909 \text{ пас./доб.}$$

Добовий обсяг перевезень на маршруті, зазначений в темі роботи є сумою обсягів за напрямками руху:

$$Q_{\text{марш}} = 2378 + 2909 = 5287 \text{ пас.}$$

Визначаємо значення пасажиропотоків на шістьнадцяти перегонах маршруту (рис. 2.3) в прямому напрямку:

$$F_i = F_{i-1} + n_{\text{вх}} - m_{\text{вих}}, \quad (2.1)$$

де F_i – кількість пасажирів на перегоні i -й, пас.;

$n_{\text{вх}}$ – пасажирів, що увійшли в автобус на зупинці, пас.;

$m_{\text{вих}}$ – пасажирів, що вийшли з автобусу на зупинці, пас..

$$F_1 = 0 + 86 - 0 = 86 \text{ пас.}; \quad F_2 = 86 + 99 - 81 = 104 \text{ пас.};$$

$$F_3 = 104 + 107 - 82 = 129 \text{ пас.}; \quad F_4 = 129 + 126 - 94 = 161 \text{ пас.};$$

$$F_5 = 161 + 133 - 126 = 168 \text{ пас.}; \quad F_6 = 168 + 135 - 134 = 169 \text{ пас.};$$

$$F_7 = 169 + 148 - 145 = 172 \text{ пас.}; \quad F_8 = 172 + 175 - 156 = 191 \text{ пас.};$$

$$F_9 = 191 + 195 - 178 = 208 \text{ пас.}; \quad F_{10} = 208 + 192 - 194 = 206 \text{ пас.};$$

$$F_{11} = 206 + 192 - 216 = 182 \text{ пас.}; \quad F_{12} = 182 + 185 - 254 = 113 \text{ пас.};$$

$$F_{13} = 113 + 173 - 182 = 104 \text{ пас.}; \quad F_{14} = 104 + 152 - 156 = 100 \text{ пас.};$$

$$F_{15} = 100 + 149 - 171 = 78 \text{ пас.}; \quad F_{16} = 78 + 131 - 121 = 88 \text{ пас.}$$

В аналогічний спосіб визначимо пасажиропотоки для зворотного напрямку.

Значення транспортної роботи знайдемо з урахуванням значень пасажиропотоків та характеристик перегонів маршруту (рис. 2.3):

$$W_1 = 86 \cdot 0,356 = 30,62 \text{ пас.км.};$$

$$W_2 = 104 \cdot 0,411 = 42,74 \text{ пас.км.};$$

$$W_3 = 129 \cdot 0,606 = 78,17 \text{ пас.км.}$$

В аналогічний спосіб розраховуємо транспорту роботу для інших перегонів на маршруті за напрямками. Результати представимо в табл. 2.2 для прямого напрямку і в табл. 2.3 для зворотного.

Таблиця 2.2 – Визначення пасажиропотоків та транспортної роботи для прямого напрямку

Зупинка	$m_{\text{пр}}, \text{пас.}$	$m_{\text{зв}}, \text{пас.}$	Перегін	$F_i, \text{пас.}$	$L_i, \text{км}$	$W_i, \text{пас. км}$
1	86	0	1-2	86	0,336	30,62
2	99	81	2-3	104	0,411	42,74
3	107	82	3-4	129	0,606	78,17
4	126	94	4-5	161	0,487	78,41
5	133	126	5-6	168	0,399	67,03
6	135	134	6-7	169	0,377	63,71
7	148	145	7-8	172	0,58	99,76
8	175	156	8-9	191	0,478	91,30
9	195	178	9-10	208	0,449	93,39
10	192	194	10-11	206	0,576	118,66
11	192	216	11-12	182	0,397	72,25
12	185	254	12-13	113	0,591	66,78
13	173	182	13-14	104	0,38	39,52
14	152	156	14-15	100	0,366	36,60
15	149	171	15-16	78	0,544	42,43
16	131	121	16-17	88	0,536	47,17
17	0	88	Разом	-	7,533	1068,85

Таблиця 2.3 – Визначення пасажиропотоків та транспортної роботи для зворотного напрямку

Зупинка	m_i , пас.	n_i , пас.	Перегін	F_i , пас.	l_i , км	W_i , пас/км
1	156	0	1-2	156	0,356	55,54
2	162	115	2-3	203	0,411	83,43
3	174	158	3-4	219	0,606	132,71
4	192	184	4-5	227	0,487	110,55
5	206	206	5-6	227	0,399	90,57
6	234	216	6-7	245	0,377	92,37
7	248	232	7-8	261	0,58	151,38
8	239	240	8-9	260	0,478	124,28
9	238	223	9-10	265	0,449	118,99
10	219	215	10-11	269	0,576	154,94
11	183	203	11-12	249	0,397	98,85
12	169	197	12-13	221	0,591	130,61
13	158	175	13-14	204	0,38	77,52
14	132	169	14-15	167	0,366	61,12
15	116	141	15-16	142	0,544	77,25
16	93	137	16-17	98	0,536	52,53
17	0	98	Разом	-	7,533	1612,64

На основі значень табл. 2.2 та табл. 2.3 представляємо графічний розподіл пасажиропотоків по перегонам маршруту (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Графічний розподіл пасажиропотоків по перегонам маршруту

На основі графічного розподілу пасажиропотоків по перегонам маршруту знаходимо максимальне значення пасажиропотоку для перегону №10 в зворотному напрямку, що дорівнює 269 пас.

Визначимо час обертів на маршруті [9]:

$$T_{\text{об}} = \frac{\sum L_k}{V_{\text{експ}}} \quad (2.2)$$

де $\sum L_k$ – сума довжин k -перегонів маршруту, км;

$V_{\text{експ}}$ – експлуатаційна швидкість на маршруті, км/год.

$$\sum L_k = 0,356 + 0,411 + 0,606 + 0,487 + 0,399 + 0,377 + 0,58 + 0,478 + 0,449 + 0,576 + 0,397 + 0,591 + 0,38 + 0,366 + 0,544 + 0,536 = 7,533 \text{ км.}$$

$$T_{\text{об}} = \frac{2 \cdot 7,533}{50} = 0,756 \text{ год.}$$

Розрахунок середньої відстані поїздки пасажирів проведемо як:

$$l_{\text{ср}} = \frac{1068,55}{2378} = 0,45 \text{ км.},$$

$$l_{\text{ср}} = \frac{1612,64}{2909} = 0,55 \text{ км.}$$

Коефіцієнт використання місткості салону автобусу [9]:

$$\gamma_{\text{с}} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K \frac{F_i}{q_{\text{н}} \cdot n_{\text{об}}}, \quad (2.3)$$

де K – кількість перегонів маршруту, од.

$n_{\text{об}}$ – кількість обертів на маршруті, од.

$q_{\text{н}}$ – номінальна місткість автобусу, пас.

F_i – пасажиропотоки на маршруті, пас.;

$$\gamma_{\text{с}}^{\text{автобус}} = \frac{1}{16 \cdot 15 \cdot 20} \cdot (86 + 104 + 129 + 161 + 168 + 169 + 172 + 191 + 208 + \\ + 206 + 182 + 113 + 104 + 100 + 78 + 88) = 0,471,$$

$$\gamma_{\text{с}}^{\text{трамвай}} = \frac{1}{16 \cdot 15 \cdot 20} \cdot (156 + 203 + 219 + 227 + 227 + 245 + 261 + 260 + 265 + \\ + 269 + 249 + 221 + 204 + 167 + 142 + 98) = 0,711.$$

$$\gamma_{\text{с}} = \frac{W}{\sum_{i=1}^K l_i \cdot q_{\text{н}} \cdot n_{\text{об}}}, \quad (2.4)$$

$$\gamma_{\text{норм}} = \frac{1068,55}{7,533 \cdot 15 \cdot 20} = 0,473,$$

$$\gamma_{\text{норм}} = \frac{1612,64}{7,533 \cdot 15 \cdot 20} = 0,714.$$

Коефіцієнт змінюваності визначимо так [9]

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^k \frac{I_i}{I_{\text{норм}}} \cdot \frac{\gamma_i}{\gamma_{\text{норм}}}}{\frac{I_{\text{норм}}}{I_{\text{норм}}} \cdot \frac{\gamma_{\text{норм}}}{\gamma_{\text{норм}}}} \quad (2.5)$$

$$\eta^{\text{норм}} = \frac{7,533 \cdot 0,473}{0,45 \cdot 0,471} = 16,84,$$

$$\eta^{\text{норм}} = \frac{7,533 \cdot 0,714}{0,55 \cdot 0,711} = 13,64.$$

2.3. Визначення кількості автобусів для роботи на маршруті

З урахуванням визначеного максимального значення пасажиропотоку для перегону №10 в зворотному напрямку, що дорівнює 269 пас. приймемо факт того, що дане значення пасажиропотоку відповідає піковому періоду. Відповідно до цього піковий період на маршруті, що функціонує з 5-ї години ранку до 23-ї години вечора, буде припадати на період з 7⁰⁰ до 8⁰⁰. Коефіцієнт нерівномірності для цієї години буде дорівнювати 1,0. На маршруті відомі коефіцієнти годинної нерівномірності пасажиропотоків, і відповідно до цього буде відбуватися зміна пасажиропотоків на маршруті пропорційно зазначеним коефіцієнтам нерівномірності в порівнянні з періодом-пик (табл. 2 завдання).

Відповідно до цього твердження, процес зміни пасажиропотоків призводить до зміни автобусів на маршруті таким чином, що [9]:

$$A_{\text{норм}} = \frac{H_{\text{норм}} \cdot t_{\text{норм}}}{q_{\text{н}} \cdot \gamma}, \quad (2.6)$$

Розрахуємо кількість автобусів для періоду часу з 9⁰⁰ до 10⁰⁰ з припущенням про повне використання місткості транспортного засобу.

$$A_{\text{норм}} = \frac{135 \cdot 0,753}{15 \cdot 1} = 7 \text{ од.}$$

Визначена таким чином кількість автобусів разом із значеннями пасажиропотоків представлена в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Кількість автобусів та пасажиропотоки на маршруті

Час роботи маршруту	Пасажиропотоки, пас/год	Кількість автобусів, од.
1	2	3
5-6	81	4
6-7	215	11
7-8	269	14
8-9	215	11
9-10	135	7
10-11	81	4
11-12	54	3
12-13	81	4
13-14	135	7
14-15	161	8

Продовження табл. 2.4

1	2	3
15-16	161	8
16-17	215	11
17-18	242	12
18-19	161	8
19-20	135	7
20-21	81	4
21-22	54	3
22-23	27	1

За отриманими даними будують графіки розподілу пасажиропотоку й кількості автобусів по годинах доби (рис. 2.5-2.6).

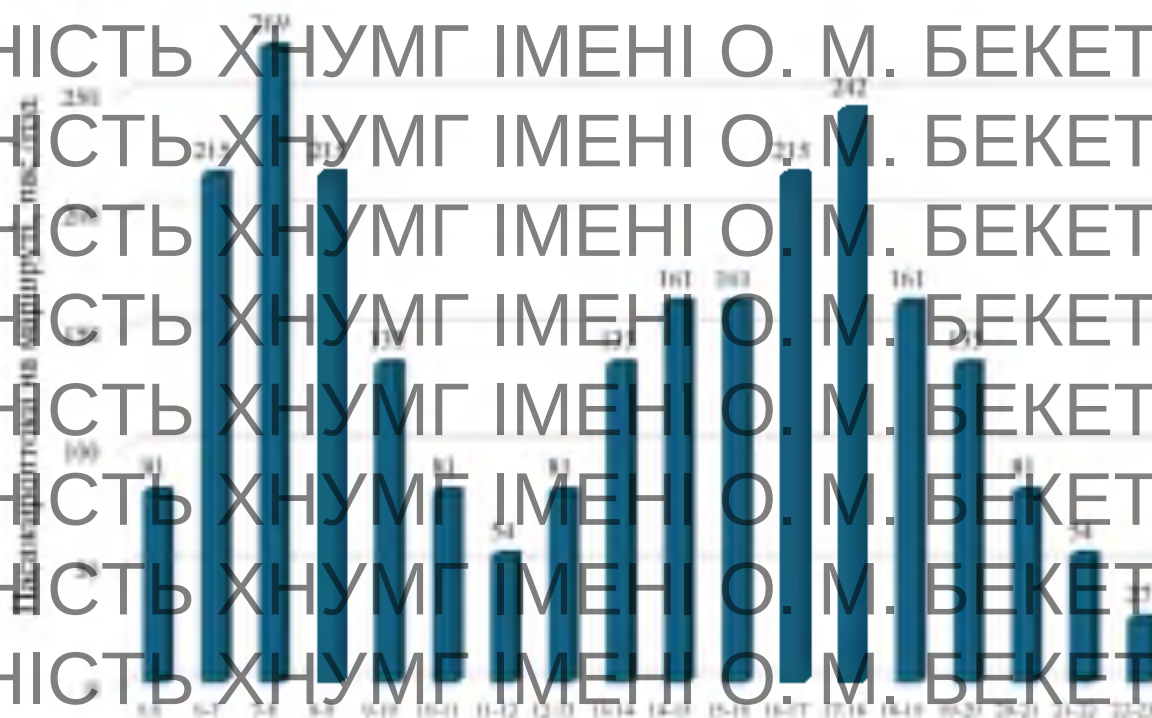


Рисунок 2.5. Діаграма зміни пасажиропотоків по годинах доби

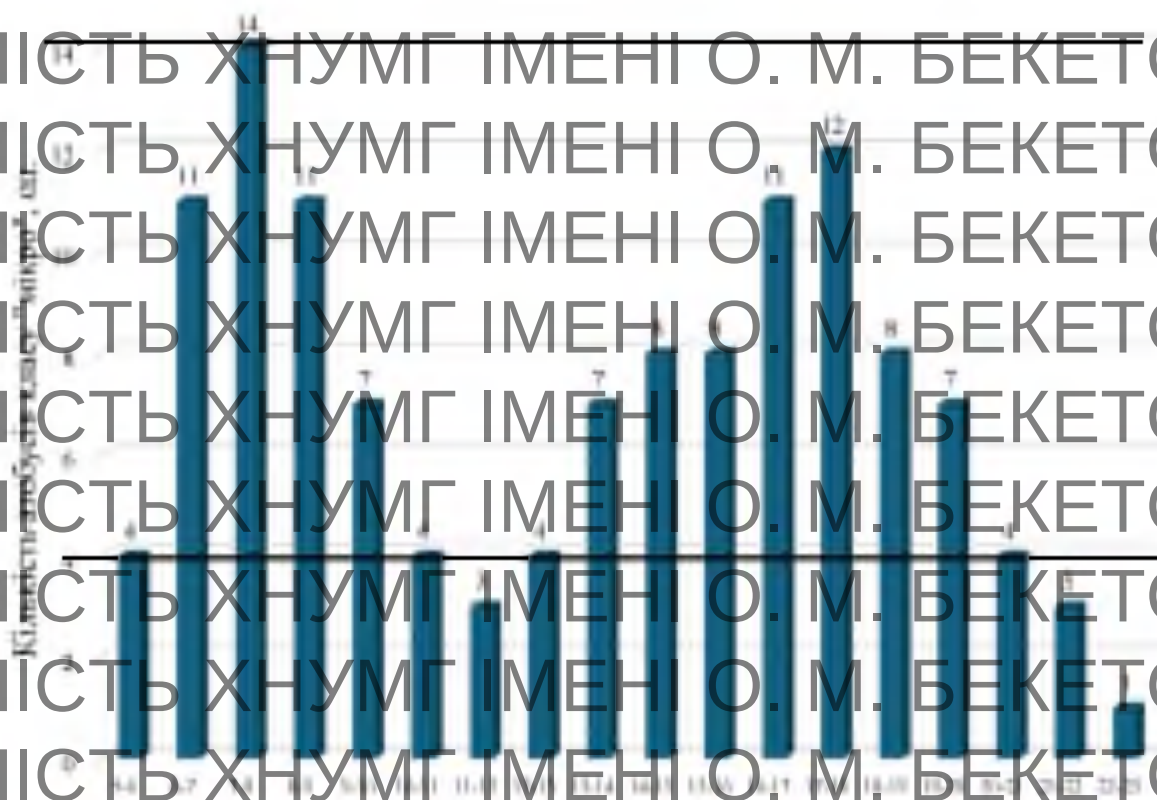


Рисунок 2.6 – Діаграма зміни потрібної кількості автобусів по годинах доби

Мінімальна кількість автобусів на маршруті обумовлюється прийнятим до розрахунку інтервалом руху (2.7), а максимальна обумовлюється максимальною кількістю транспортних засобів в піковий період та коефіцієнтом дефіциту (2.8):

$$A_{\min} = \frac{T_{\text{пл}}}{T_{\text{інт}}}, \quad (2.7)$$

$$A_{\max} = A_{\text{пл}} \cdot K_{\text{д}}, \quad (2.8)$$

$$A_{\min} = \frac{0,753}{0,25} = 3,01 \approx 4 \text{ од.},$$

$$A_{\max} = 14 + 0 = 14 \text{ од.}$$

З урахуванням (2.7) та (2.8) на рис. 2.6 вказані мінімальна та максимальна кількість автобусів для роботи на маршруті (лінії на рівні четвертого та чотирнадцятого випусків автобусів).

2.4. Розробка розкладу руху

Попереднім етапом при розробці розкладу руху є побудова графіку роботи автобусів та водіїв. При його побудові використовуємо нормативи щодо праці та відпочинку водіїв на маршрутах, що полягають в наступному:

- час роботи для двозмішних автобусів 7–9 год на одного водія;
- час роботи автобусів у перерваному режимі 8–10 год на одного водія;
- час роботи водія без перерви не більше 5 год;
- час відстою 3–5 год;
- час перерви 0,5–1,5 год.

Побудований графік роботи автобусів та водіїв представлений на рис. 2.7.

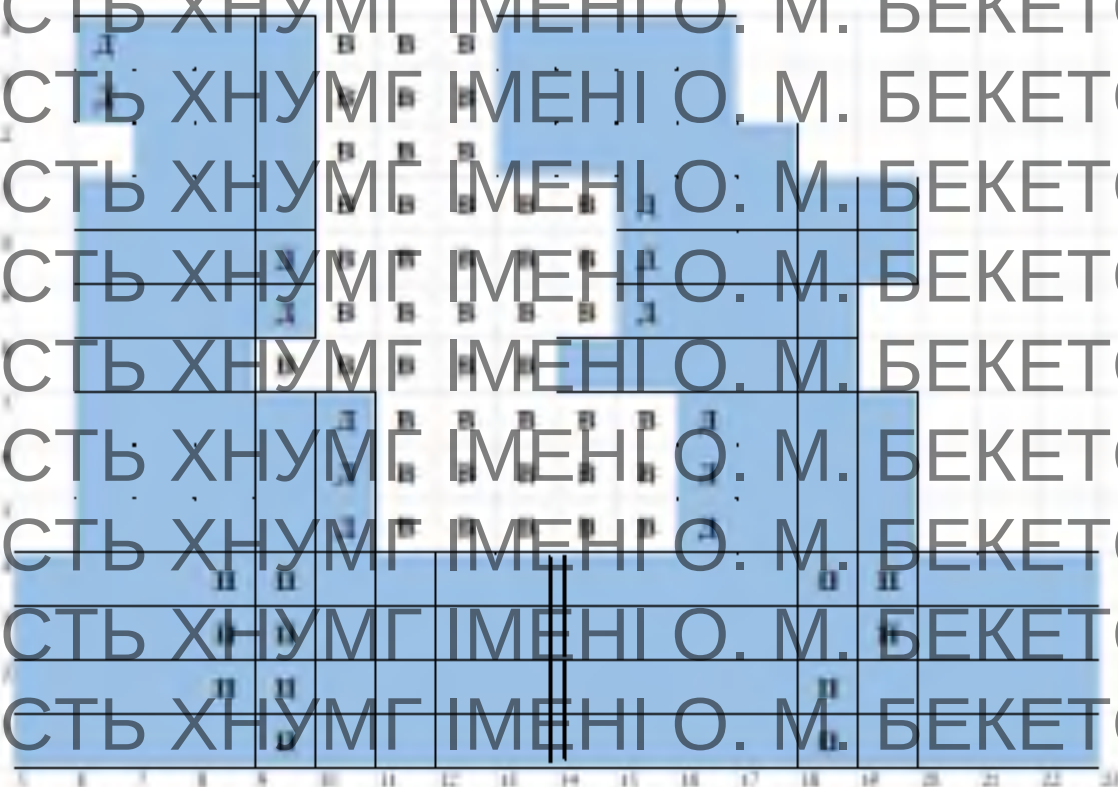


Рисунок 2.7 – Графік роботи автобусів та водіїв

Отриману побудову необхідно оцінити на ефективність. Показником є відповідний коефіцієнт, що визначається за (2.9):

$$K_{\text{эф}} = \frac{AF_{\text{теор}}}{AF_{\text{факт}}}, \quad (2.9)$$

$$K_{\text{эф}} = \frac{132}{145} = 0.91.$$

Отримане значення коефіцієнту вказує на відхилення побудованих клітин на графіку від потрібних на 9%, що є прийнятним для інженерних розрахунків та забезпечення прийнятних результатів.

З використанням рис. 2.7 встановлюємо порядок виходу автобусів на маршрут з використанням стрічкового графіку (рис. 2.8). Стрічковий графік є основою для формування розкладу для чотирнадцяти автобусів в табличному вигляді (табл. 2.5).

2.5. Висновки по розділу

В результаті виконання другого розділу кваліфікаційної роботи спрогнозовані обсяги перевезень на маршруті. Встановлено, що їх значення буде найменшим за період 2023-2026 рр. і сягне 2542,7 тис. пас., що відповідно вимагає від транспортного підприємства скорочення експлуатаційних витрат.

Визначені показники технології перевезень пасажирів на міському маршруті. Виконано побудову графіку роботи автобусів та водіїв для 14 автобусів. Отримане значення коефіцієнту ефективності побудови вказує на відхилення побудованих клітин на графіку від потрібних на 9%, що є прийнятним для інженерних розрахунків та забезпечення прийнятних результатів. Сформовано стрічковий графік та розклад руху для 14 автобусів.

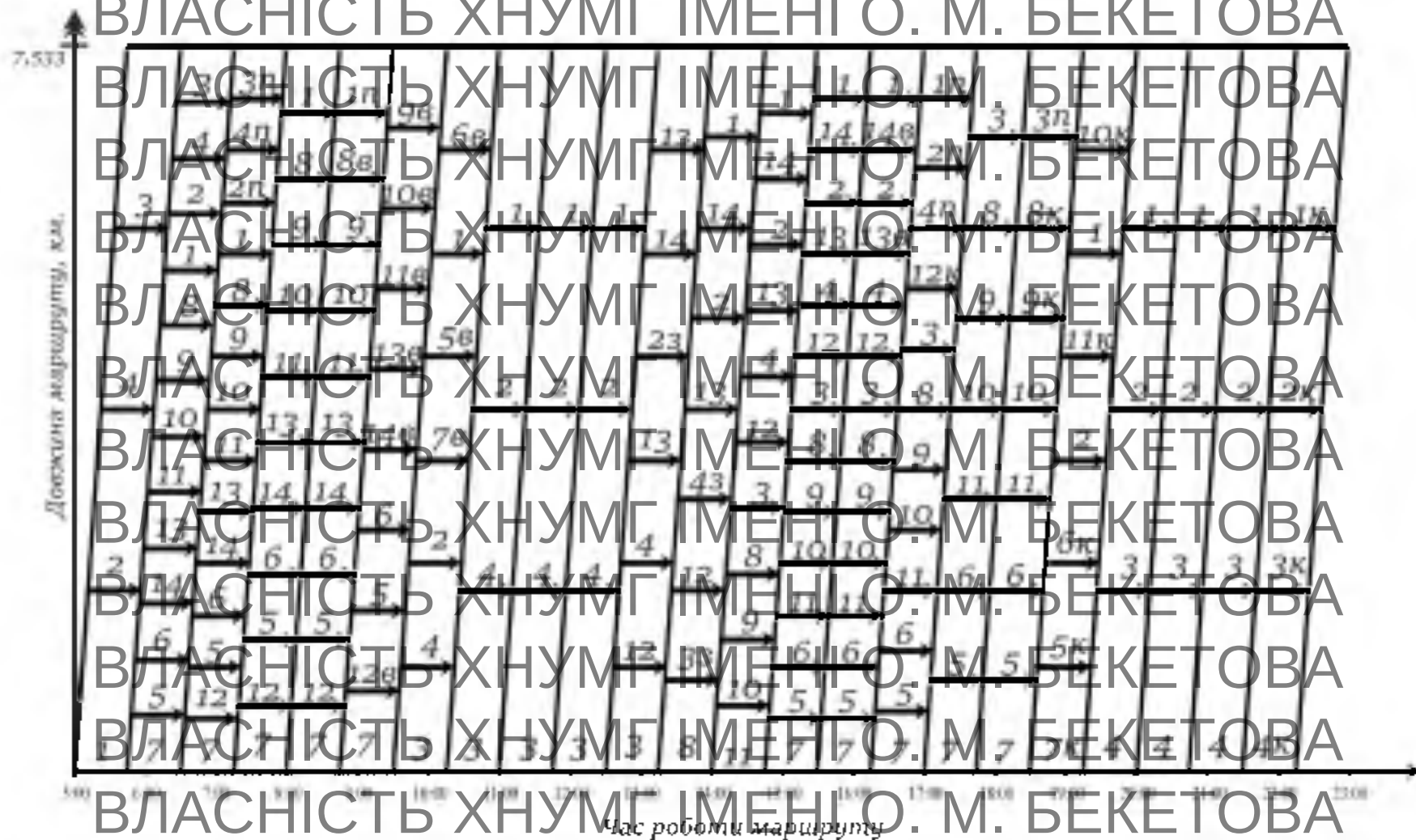


Рисунок 2.8 – Порядок виходу автобусів на маршрут

Таблиця 2.5 – Розклад руху автобусів

1-й автобус		2-й автобус		3-й автобус		4-й автобус		5-й автобус		6-й автобус		7-й автобус	
05:00	05:22	05:11	05:33	05:33	05:56	05:22	05:45	05:48	06:10	05:51	06:14	05:45	06:07
06:16	06:38	06:19	06:42	06:26	06:49	06:23	06:45	06:36	06:58	06:39	07:02	06:30	06:52
07:02	07:24	07:05	07:27	07:11	07:34	07:08	07:31	07:23	07:45	07:27	07:49	07:15	07:37
07:55	08:18	07:50	П	07:57	П	07:53	П	08:08	08:30	08:12	08:34	08:00	08:22
08:40	09:03	09:42	10:05	09:30	09:52	09:36	09:58	08:35	09:17	09:00	09:22	08:45	09:07
09:25	П	10:37	11:00	10:15	10:37	10:26	10:48	09:55	10:18	10:08	10:31	09:49	10:11
10:02	10:24	11:22	11:45	11:00	11:22	11:11	11:33	10:40	В	10:53	В	10:34	В
10:48	11:11	12:07	12:30	11:45	12:07	11:56	12:18	14:48	15:10	14:51	15:13	14:45	15:07
11:33	11:56	12:55	13:18	12:30	12:52	12:42	13:05	15:33	15:55	15:36	15:58	15:30	15:52
12:18	12:41	13:40	Зміна	13:15	Зміна	13:31	13:54	16:18	16:40	16:21	16:43	16:15	16:37
13:08	13:31	13:43	14:05	13:20	13:43	14:16	Зміна	17:05	17:28	17:11	17:33	17:00	17:22
13:53	Зміна	14:32	14:55	14:16	14:38	14:24	14:47	17:50	18:13	17:56	18:18	17:45	18:07
13:54	14:16	15:20	15:42	15:07	15:30	15:13	15:36	18:36	18:58	18:42	19:05	18:30	18:52
14:40	15:03	16:05	16:27	15:52	16:15	15:58	16:21	19:21	К	19:27	К	19:15	К
15:26	15:49	16:47	17:09	16:37	17:00	16:43	17:06	---	---	---	---	---	---
16:11	16:34	17:32	П	17:39	18:01	17:28	П	---	---	---	---	---	---
16:50	17:12	18:49	19:11	18:24	18:46	19:15	19:37	---	---	---	---	---	---
17:35	П	19:37	20:00	19:09	П	20:00	20:22	---	---	---	---	---	---
19:02	19:24	20:22	20:45	19:39	19:48	20:45	21:07	---	---	---	---	---	---
19:48	20:11	21:07	21:30	20:11	20:33	21:30	21:52	---	---	---	---	---	---
20:33	20:56	21:52	22:15	20:56	21:18	22:15	К	---	---	---	---	---	---
21:18	21:41	22:37	К	21:41	22:03	---	---	---	---	---	---	---	---
22:03	22:26	---	---	22:35	К	---	---	---	---	---	---	---	---
22:48	К	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Продовження табл. 2.5

8-й автобус		9-й автобус		10-й автобус		11-й автобус		12-й автобус		13-й автобус		14-й автобус	
06:12	06:35	06:09	06:31	06:05	06:28	06:02	06:24	06:33	06:55	05:58	06:21	05:55	06:17
06:58	07:21	06:55	07:18	06:52	07:15	06:49	07:11	07:19	07:41	06:46	07:08	06:42	07:05
07:51	08:14	07:47	08:10	07:43	08:06	07:39	08:02	08:04	08:26	07:35	07:57	07:31	07:53
08:36	08:59	08:33	08:55	08:28	08:51	08:24	08:47	08:50	09:12	08:20	08:42	08:16	08:38
09:21	В	09:25	09:47	09:20	09:42	09:15	09:37	09:35	В	09:10	09:32	09:05	09:27
13:15	13:37	10:10	В	10:05	В	10:00	В	12:36	12:58	09:55	В	09:50	В
14:12	14:34	14:08	14:30	14:04	14:26	14:00	14:22	13:26	13:48	12:49	13:11	13:02	13:24
15:04	15:26	15:01	15:23	14:57	15:20	14:54	15:17	14:20	14:42	13:37	14:00	13:48	14:11
15:49	16:11	15:46	16:08	15:42	16:05	15:39	16:02	15:10	15:33	14:28	14:51	14:36	14:59
16:34	16:56	16:31	16:53	16:27	16:50	16:24	16:47	15:55	16:18	15:17	15:39	15:23	15:46
17:33	17:56	17:28	17:50	17:22	17:45	17:16	17:39	16:40	17:03	16:02	16:24	16:08	16:31
18:18	18:41	18:13	18:35	18:07	18:30	18:01	18:24	17:25	К	16:47	К	16:53	К
19:03	К	18:58	К	19:08	19:31	18:55	19:18	---	---	---	---	---	---
----	---	---	---	19:53	К	19:40	К	---	---	---	---	---	---

РОЗДІЛ 3

ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ

3.1. Теоретичне підґрунтя для організації дорожнього руху

Потреби в пересуваннях мешканців міст створили передумови до регулювання транспортних та пішохідних потоків, коли їхні значення стали набувати критичних величин. Критичні величини інтенсивності руху без відповідного регулювання створюють транспортний хаос та знижують безпеку руху. Тому задача регулювання руху і його організація на локальних об'єктах транспортних мереж міст є актуальним завданням цього розділу.

В розділі розглянемо Т-подібне перехрестя, що представлено на рис. 3.1.



Рисунок 3.1 - Т-подібне перехрестя з транспортними та пішохідними потоками

На рис. 3.1 потоки та підходи до перехрестя пронумеровані відповідним чином. Наступним етапом є призначення двофазної схеми роз'їзду на перехресті. Рух в першій фазі здійснюють потоки 1 та 2. В третій потік 3. Рух пішоходів також здійснюється в першій фазі – паралельно головній дорозі (підходи 1, 2, 5, 6), при цьому ліво- та право- поворотні транспортні потоки 1 та 2 поступають дорогою пішоходам. Рух пішоходів в другій фазі організовано паралельно підходам 3 та 4, при цьому лівоповоротна частина потоку 3 поступає дорогою пішоходам. Схема пофазного роз'їзду в першій та другій фазах представляємо на рис. 3.2 та 3.3.



Рисунок 3.2 – Напрямки руху транспортних та пішохідних потоків в першій фазі регулювання на Т-подібному перехресті



Рисунок 3.3 – Напрямки руху транспортних та пішохідних потоків в другій фазі регулювання на Т-подібному перехресті

Оскільки відомими є інтенсивності та напрямки руху транспортних та пішохідних потоків, наступним необхідним кроком є формування тривалостей фаз світлофорного регулювання. Такий процес здійснюється через:

- визначення потоків насичення;
- визначення фазових коефіцієнтів;
- розрахункових фазових коефіцієнтів;
- визначення тривалостей проміжних тактів;
- визначення тривалості часу циклу;
- визначення тривалостей основних тактів;

- визначення часу необхідного пішоходам для перетину проїзної частини в фазах;
- коригування (за необхідності) тривалостей основних тактів з урахуванням часу на пішохідний рух на перехресті.

Згідно зазначеної послідовності розраховуємо потоки насичення. Потік насичення розраховується з урахуванням ширини проїзної частини $B_{пр}$, значення якої представлено в табл. 3.1. До табл. 3.1 також додамо значення базового потоку насичення $525 \cdot B_{пр}$, яке функцією ширини проїзної частини

Таблиця 3.1 – Ширина проїзної частини для потоків

Номер потоку на схемі роз'їзду	1	2	3
Ширина проїзної частини $B_{пр}$, м.	4,5	4,5	4,5
Базовий потік насичення $525 \cdot B_{пр}$, авт./год.	2275	2275	2275

Зниження базового потоку насичення зумовнюється умовами руху через перехрестя і взаємні перешкоди транспортних засобів, що мають різні швидкісні режими у виконанні маневрів. Наприклад, при русі з однієї смуги потоки 1 – 3 розподіляються за напрямками і емпірично визначено, що потоки прямого напрямку при здійсненні маневру сходу взагалі не створюють затримок для потоку і, відповідно, не знижують потік насичення. Натомість, правоповоротні потоки знижують потік насичення на 25%, лівоповоротні – на 75%.

Отже, визначимо для потоків 1 – 3 потоки насичення [10]:

$$M_{сн} = 525 \cdot B_{пр} \cdot \frac{100}{Dens_{пр} + 1,25 \cdot Dens_{л} + 1,75 \cdot Dens_{п}} \quad (3.1)$$

де $Dens_{пр}$, $Dens_{пр}$, $Dens_{лп}$ - питома вага в загальній інтенсивності руху потоків відповідно прямого напрямку, право- та ліво- поворотних, %.

$$M_{пр} = 2275 \cdot \frac{100}{91 + 1,25 \cdot 9} = 2224 \text{ авт./год.},$$

$$M_{пр} = 2275 \cdot \frac{100}{78 + 1,75 \cdot 22} = 1953 \text{ авт./год.},$$

$$M_{лп} = 2275 \cdot \frac{100}{1,25 \cdot 54 + 1,75 \cdot 46} = 1535 \text{ авт./год.}$$

Фазові коефіцієнти для кожного потоку визначають через знаходження значення співвідношення інтенсивності та потоків насичення [10]:

$$Y_i = \frac{N_i}{M_{ли}} \quad (3.2)$$

$$Y_1 = \frac{714}{2224} = 0,32, \quad Y_2 = \frac{473}{1953} = 0,24, \quad Y_3 = \frac{168}{1535} = 0,11$$

Результати зводимо в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати визначення фазових коефіцієнтів

Номер потоку на схемі роз'їзду	1	2	3
Інтенсивність N_i , авт./год.	714	473	168
Цілік насичення $M_{ли}$, авт./год.	2224	1953	1535
Фазовий коефіцієнт	0,32	0,24	0,11

Розрахунковим в фазі є найбільший з фазових коефіцієнтів, якщо їх декілька. Для фази 1 – 0,32, для фази 2 – 0,11.

Визначимо тривалості горіння жовтих сигналів світлофору для кожної з фаз з урахуванням дальніх конфліктних точок, швидкостей проїзду перехрестя транспортними засобами та габаритної довжини легкового автомобіля:

$$t_{ж1} = \frac{40}{7,2 \cdot 3} + \frac{3,6 \cdot (19 + 5)}{40} = 4,0 \text{ с.}$$

$$t_{ж2} = \frac{40}{7,2 \cdot 3} + \frac{3,6 \cdot (14 + 5)}{40} = 3,6 \text{ с.}$$

Приймаємо $t_{ж1} = t_{ж2} = 4 \text{ с.}$ за вимогами безпеки руху на перехресті маршруту.

$$T_{ж} = \sum_{i=1}^n t_{жi} \quad (3.3)$$

$$T_{ж} = 4 + 4 = 8 \text{ с.}$$

$$Y = \sum_{i=1}^n Y_i \quad (3.4)$$

$$Y = 0,32 + 0,11 = 0,43$$

Час циклу визначимо на основі значень (3.3) та (3.4) як:

$$T_{ц} = \frac{(1,5 \cdot 8 + 5)}{(1 - 0,43)} = 30 \text{ с.}$$

Тривалості горіння зеленого/червоного сигналів знайдемо так:

$$t_{\text{пр}} = \frac{(30 - 8) \cdot 0,32}{0,43} = 16 \text{ с.}$$

$$t_{\text{пр}} = \frac{(30 - 8) \cdot 0,11}{0,43} = 6 \text{ с.}$$

Згідно вимог безпеки руху тривалість основного такту не може бути менша за 7 с. Тому приймаємо $t_{\text{ос}} = 7 \text{ с.}$

Час руху пішоходів через перехрестя в фазах визначимо так [10]:

$$t_{\text{пеш}} = 5 + \frac{B_{\text{пеш}}}{L'_{\text{пеш}}}, \quad (3.5)$$

$$t_{\text{пеш1}} = 5 + \frac{9}{1,3} = 12 \text{ с.}$$

$$t_{\text{пеш2}} = 5 + \frac{9}{1,3} = 12 \text{ с.}$$

В другій фазі коригуємо тривалість основного такту та збільшуємо його з 7 с. до 12 с. з урахуванням часу, необхідного пішоходам для руху через перехрестя.

Час циклу буде, в результаті, дорівнювати:

$$T_{\text{ц}} = 16 + 4 + 12 + 4 = 36 \text{ с.}$$

В середовищі RTV Vissim формуємо циклограму роботи світлофорів (рис. 3.4). Представляємо схему перехрестя з технічними засобами на ньому (рис. 3.5). Представляємо моделювання проїзду перехрестя автомобілями та переходу пішоходами в кожній з фаз регулювання (рис. 3.6 та рис. 3.7). Після моделювання визначасмо якісні показники руху транспортних потоків, затримку, кількість зупинок під час руху, навантаження на довкілля та витрати палива. Результати представляєм в окремій табл. 3.3.



Рисунок 3.4 – Циклограма роботи світлофорів на Т-подібному перехресті

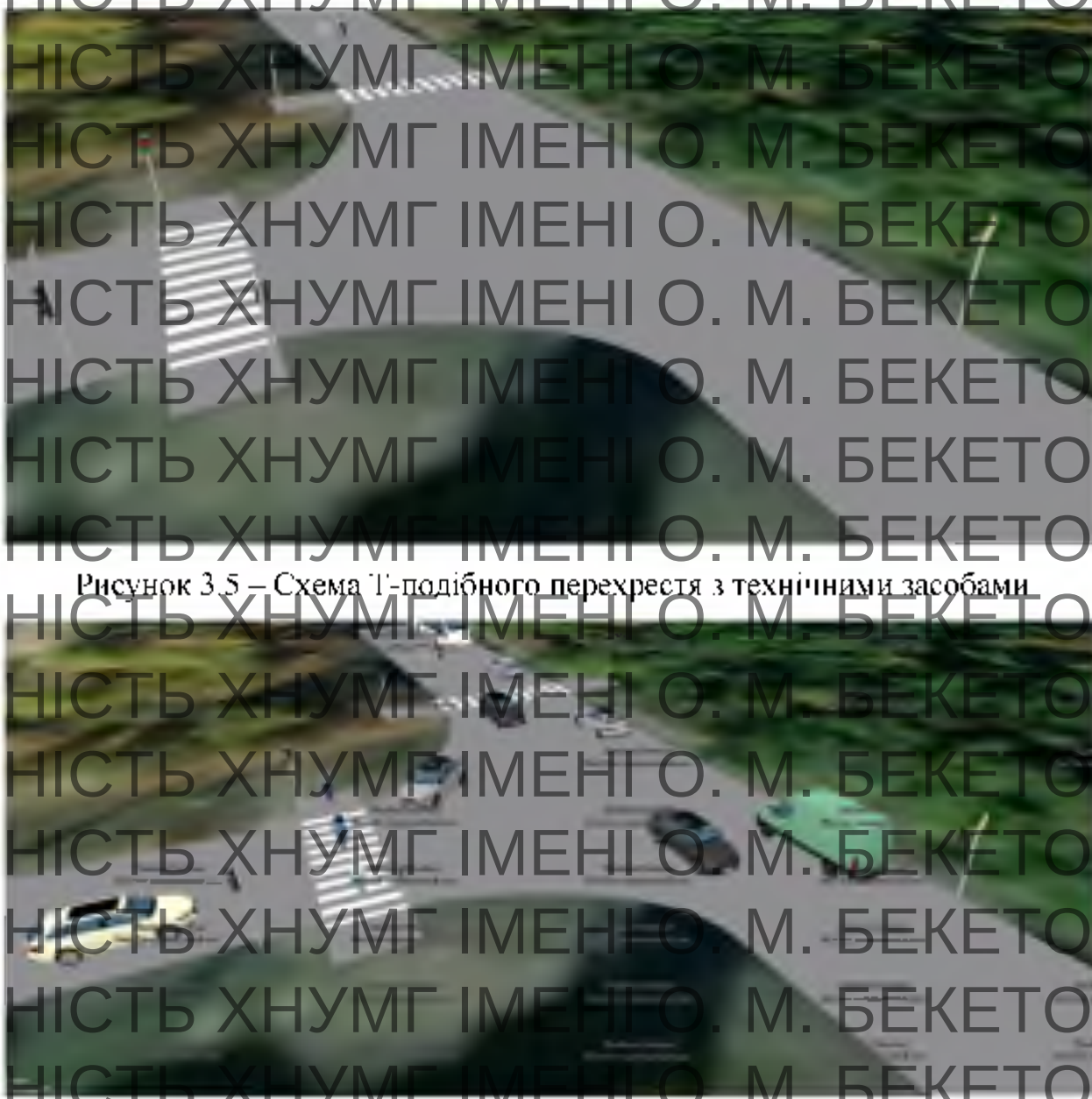


Рисунок 3.5 – Схема Т-подібного перехрестя з технічними засобами

Рисунок 3.6 – Моделювання руху в першій фазі

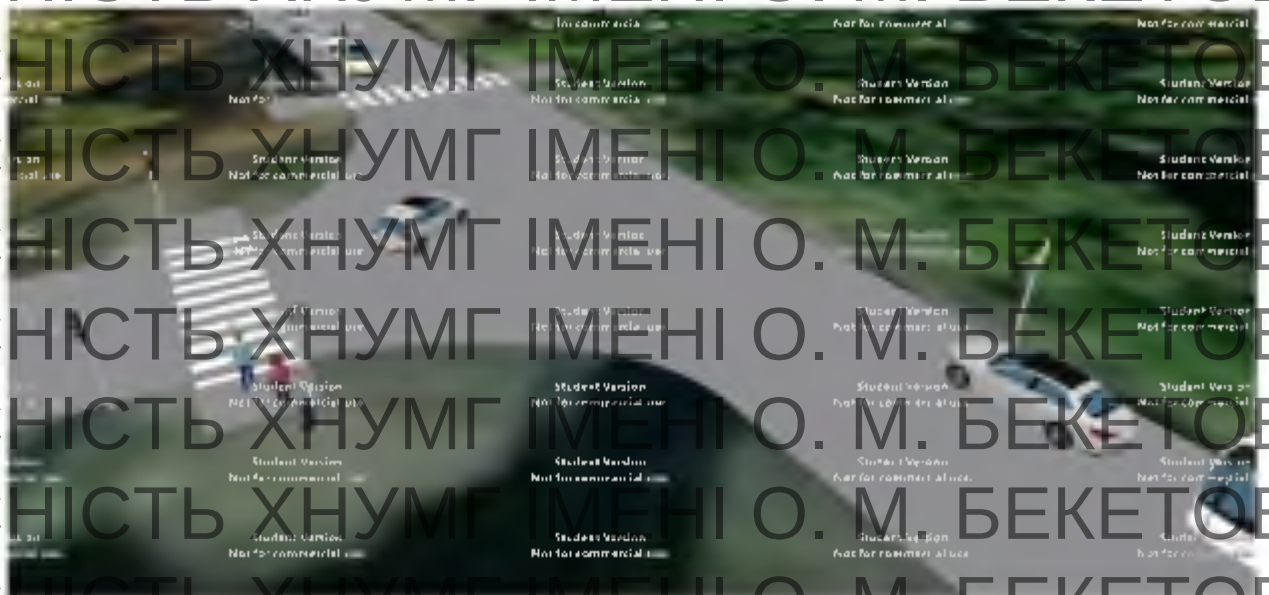


Рисунок 3.7 – Моделювання руху в другій фазі

Таблиця 3.3 Результати моделювання

Напрямок	Кількість автомобілів, од.	Загримки, с.	Кількість зупинок ТЗ, од.	CO, гр.	NO, гр.	Витрати палива, л.
1-4	15	32,31	2,47	25,84	5,03	1,43
1-5	36	28,04	1,69	46,51	9,05	2,58
3-2	16	9,89	0,50	7,38	1,43	0,41
3-5	12	6,99	0,50	5,58	1,09	0,31
6-2	101	7,16	0,56	40,24	7,83	2,23
6-4	13	10,61	0,77	7,86	1,53	0,44
Середнє/сума	193	13,46	0,82	133,39	25,95	7,39

3.2. Висновки по розділу

В третьому розділі роботи в середовищі PTV Vissim сформовано циклограму роботи світлофорів з часом циклу 36 с. Представлено схему перехрестя з технічними засобами на ньому. Представлене моделювання проїзду перехрестя автомобілями та переходу пішоходами в кожній з фаз регулювання. Після моделювання визначено якісні показники руху

транспортних потоків, затримку – 13,46 с., кількість зупинок під час руху – 0,82 од., навантаження на довкілля : викиди CO – 133,39 гр. та NO – 25,95 гр.
витрати палива – 7,39 л. за час циклу моделювання.

ВИСНОВКИ

Із першого розділу роботи проведено аналіз який показав, що безпека руху на міському автобусному маршруті забезпечується комплексом організаційних, інфраструктурних, технічних, правових та людських факторів. Жоден окремий метод не дає абсолютного захисту, тому необхідним є системний підхід. Статистичний аналіз даних по регіонах України за 2020–2024 рр. підтверджує, що найвищий рівень аварійності спостерігається в містах з інтенсивним рухом – Київ, Дніпропетровська, Одеська та Харківська області, що безпосередньо визначає актуальність теми дослідження. Найбільш дієвими методами для умов щільної міської забудови є виділення спеціалізованої смуги для громадського транспорту, передрейсовий контроль стану водіїв та їх психофізіологічне тестування, використання систем активної безпеки сучасних автобусів (AEBS, ESC), моделювання конфліктних точок на перехрестях з подальшою оптимізацією. Встановлено, що однією з основних причин ДІН за участю автобусів є невідповідність режимів світлофорного регулювання фактичній інтенсивності руху.

В результаті виконання другого розділу кваліфікаційної роботи спрогнозовані обсяги перевезень на маршруті. Встановлено, що їх значення буде найменшим за період 2023–2026 рр. і сягне 2542,7 тис. пас., що відповідно вимагає від транспортного підприємства скорочення експлуатаційних витрат.

Визначені показники технології перевезень пасажирів на міському маршруті. Виконано побудову графіку роботи автобусів та водіїв для 14 автобусів. Отримане значення коефіцієнту ефективності побудови вказує на відхилення побудованих клітин на графіку від потрібних на 9%, що є прийнятним для інженерних розрахунків та забезпечення прийнятних результатів. Сформовано стрічковий графік та розклад руху для 14 автобусів.

В третьому розділі роботи в середовищі PTV Vissim сформовано циклограму роботи світлофорів з часом циклу 36 с. Представлено схему перехрестя з технічними засобами на ньому. Представлене моделювання

проїзду перехрестя автомобілями та переходу пішоходами в кожній з фаз регулювання. Після моделювання визначено якісні показники руху транспортних потоків, затримку – 13,46 с., кількість зупинок під час руху – 0,82 од., навантаження на довкілля: викиди CO – 133,39 гр. та NO – 25,95 гр. витрати палива – 7,39 л. за час циклу моделювання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Болтянський, О. В., Болтянский, О. В., Болтянская, Н. І., Болтянская, Н. И., Шершенівська, А. А. (2020). Проблеми підвищення безпеки дорожнього руху.
2. Когут, В. М. (2024). Підходи до забезпечення безпеки на дорогах. огляд концепції «безпечної системи» (safe - system). *Науковий вісник Львівського державного університету внутрішніх справ (серія юридична)*, (4), 35-42.
3. Бабій, М. В., Кучвара, І. М. (2017). Ключові проблеми безпеки дорожнього руху в Україні. *Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції (в авторській редакції) „Безпека дорожнього руху: правові та організаційні аспекти”*, 14-16.
4. Салманова, О. Ю. (2002). Адміністративно-правові засоби забезпечення міліцією безпеки дорожнього руху. *Салманова Олена Юріївна, Нац. унів. внутрішніх справ*, X.
5. Ляшук, О. П., Цьонь, О. П., Дзюра, В. О., Бабій, М. В., Кристончук, М. Є., Лисенко, С. В., Бодоряк, Ю. Д. (2022). Дослідження безпеки дорожнього руху на автошляхах.
6. Степанчук, О., Белятинський, А., Ляшенко, О. (2013). Особливості вибору ефективних методів організації дорожнього руху на вулично-дорожній мережі. *Проблеми розвитку міського середовища*, (10), 123-127.
7. Бугайов І., Холодова О., Бугайова М. (2023). Оцінка ефективності впровадження засобів заспокоєння дорожнього руху на перехресті. *Сучасні технології в містобудуванні та транспорті*, 1(20), 78-85.
8. Самчук, В. П., Пустодьга, С. І., Кислюк, Д. Я., Паходюк, О. А., Савенко, В. І. (2024). Використання сучасних інформаційних технологій у задачах організації дорожнього руху. *Сучасні технології та методи розрахунку в будівництві*, (21), 178-187.
9. Доля В. К. Пасажи́рські перевезення: Підручник. – Харків: «Вид-во «Форт», 2011. – 504 с.
10. Лобашов, О. О., Прасоленко О. В. "Практикум з дисципліни «Організація дорожнього руху»: навч. посіб." – Х.: ХНУМІ, 2011 – 349 с.