ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

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 Проєктування організації перевезень на міському автобусному маршруті з добовим обсягом перевезень 6537 пасажирів

Виконав: студент 4 курсу, групи ТТ-2022-2, спеціальності 275 «Транспортні технології», освітньої програми «Транспортні технології (міський транспорт)»

Іващенко Є. С.

Керівник Вакуленко К. Є.

Рецензент Копитков Д. М.

Харків – 2026 року

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

ННІ енергетичної, інформаційної та транспортної інфраструктури
Кафедра Транспортних систем і логістики
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Спеціальність 275 «Транспортні технології» (спеціальність)
Освітня програма «Транспортні технології (міський транспорт)» (назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____
проф. Куц Є. І.
"___" _____ 20 26 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Іваденку Єгору Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Проектування організації перевезень на міському автобусному маршруті з добовим обсягом перевезень 6537 пасажирів

керівник проекту (роботи) доц. Вакуленко К. Є., к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "22" травня 2026 р. № 440-05.

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

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Обсяги перевезень пасажирів за попередні роки. Характеристика маршруту перевезень пасажирів. Техніко-експлуатаційні показники роботи автобусів на маршруті. Характеристики дорожнього руху на перехресті.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Дослідження теоретичних положень. Розробка технології перевезень пасажирів на маршруті. Організація дорожнього руху на перехресті маршруту. 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

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	*Інж. каф. ТС і Л Толмачов І. О.*		

7. Дата видачі завдання 01.05.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Дослідження теоретичних положень	01.05-12.05.26	*Вик.*
2	Розробка технології перевезень пасажирів на маршруті	13.05-25.05.26	*Вик.*
3	Організація дорожнього руху на перехресті маршруту	26.05-03.06.26	*Вик.*
4	Оформлення пояснювальної записки	04.06-09.06.26	*Вик.*
5	Оформлення презентації до ДП	10.06-12.06.26	*Вик.*

Студент ______ (підпис) Іващенко С. С. (прізвище та ініціали)

Керівник роботи ______ (підпис) Вакуленко К. Є. (прізвище та ініціали)

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Додаток

з вихідними даними до виконання кваліфікаційної роботи студенту

Іващенку Єгору Сергійовичу

Таблиця 1 – Характеристики пасажирообміну зупиночних пунктів

Прямий напрямок			Зворотній напрямок		
Номер зупинки	Пасажирообмін, пас.		Номер зупинки	Пасажирообмін, пас.	
	$Q_в$	$Q_н$		$Q_в$	$Q_н$
1	369	0	1	238	0
2	402	70	2	269	80
3	386	88	3	301	114
4	361	126	4	315	132
5	337	146	5	313	159
6	298	188	6	306	200
7	267	225	7	272	231
8	234	267	8	229	267
9	209	291	9	213	266
10	178	316	10	193	272
11	143	342	11	170	284
12	103	344	12	133	290
13	74	333	13	102	274
14	55	336	14	67	279
15	0	344	15	0	273
Всього	3416	3416	Всього	3121	3121

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}	473	11^{00} - 12^{00}	315	17^{00} - 18^{00}	1419
6^{00} - 7^{00}	1262	12^{00} - 13^{00}	473	18^{00} - 19^{00}	946
7^{00} - 8^{00}	1577	13^{00} - 14^{00}	789	19^{00} - 20^{00}	789
8^{00} - 9^{00}	1262	14^{00} - 15^{00}	946	20^{00} - 21^{00}	473
9^{00} - 10^{00}	789	15^{00} - 16^{00}	946	21^{00} - 22^{00}	315
10^{00} - 11^{00}	473	16^{00} - 17^{00}	1262	22^{00} - 23^{00}	158

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

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	136,1	170,4	136,4
Лютий	174,0	167,5	148,7
Березень	136,6	146,8	180,0
Квітень	153,3	141,7	170,7
Травень	153,6	137,9	137,8
Червень	164,8	168,8	148,0
Липень	157,5	143,7	153,1
Серпень	166,1	149,1	156,1
Вересень	141,1	165,6	139,3
Жовтень	139,6	165,5	174,5
Листопад	168,3	143,1	153,1
Грудень	169,9	169,8	149,0
Всього	1860,9	1869,9	1816,8

Таблиця 3 – Параметри маршруту

Параметр	Значення
Довжина перегону, м.	655; 683; 601; 653; 684; 664; 663; 633; 618; 616; 686; 674; 603; 634
Пульовий пробіг, км.	9,5
Кількість зупиночних пунктів, од.	15
Місткість автобусу, $q_в$	130
Кількість обертів на маршруті, од.	14
Кількість проміжних зупинних пунктів	13
Час простою на проміжних зупиночних пунктах, с. (год.)	24 (0,0666)
Час простою на кінцевому зупиночному пункті, хв. (год.)	9,0 (0,15)
Експлуатаційна швидкість на маршруті, км/год.	20
Дефіцит транспортних засобів на маршруті	1,0

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Рисунок 2 – Схема перехрестя

Рисунок 3 - Характеристики руху на перехресті

Студент _____ Іващенко Є. С.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Вакуленко К. С.
(прізвище та ініціали)

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 67 сторінок, 21 рисунок, 8 таблиць, 9 джерел, 2 додатки.

Об'єкт дослідження: процес перевезень пасажирів на міському автобусному маршруті.

Мета роботи: проектування організації перевезень на міському автобусному маршруті з добовим обсягом перевезень 6537 пасажирів.

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

Отримані результати: досліджено сучасні підходи до розвитку міського пасажирського транспорту, зокрема впровадження цифрових технологій та інтелектуальних транспортних систем. Виконано прогнозування обсягів пасажирських перевезень на 2026 рік, визначено основні техніко-експлуатаційні показники маршруту та встановлено необхідну кількість рухомого складу – 11 автобусів місткістю 130 пасажирів. За результатами аналізу транспортних потоків на перехресті обґрунтовано впровадження світлофорного регулювання, визначено необхідну кількість смуг руху та розроблено двофазну схему організації руху зі світлофорним циклом тривалістю 79 с за допомогою програмного забезпечення PTV Vissim.

АВТОБУСНИЙ МАРШРУТ, ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ, СВІТЛОФОРНЕ РЕГУЛЮВАННЯ, ТРАНСПОРТНІ ПОТОКИ

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ЗМІСТ

ВСТУП 7
РОЗДІЛ 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ПОЛОЖЕНЬ 8
1.1. Розгляд напрямів удосконалення міської пасажирської транспортної системи 8
1.2. Інтеграція та цифровізація управління міським пасажирським транспортом 10
1.3. Висновки по розділу 12
РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ НА МАРШРУТІ 14
2.1. Прогнозування обсягів перевезень пасажирів 14
2.2. Визначення показників перевезень пасажирів 15
2.3. Визначення необхідної кількості транспортних засобів на маршруті 25
2.4. Формування розкладу руху 29
2.5. Висновки по розділу 31
РОЗДІЛ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ МАРШРУТУ 36
3.1. Характеристика транспортного вузла дорожньої мережі 36
3.2. Вибір кількості смуг на підходах до перехрестя 45
3.3. Формування світлофорного циклу 46
3.4. Висновки до розділу 50
ВИСНОВКИ 51
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 53
ДОДАТОК А 55
ДОДАТОК Б 57

					ННІЕІТІ ТСЛ ТТ 2022-2 ТТ XXX . ХПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Іващенко С. С.				Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Вакуленко К. Є.					К	6	67
Н. Контр.	Бужко Л. Л.					ХНУМГ		
Затверд.	[illegible]							

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВСТУП

На сучасному етапі урбанізаційних процесів транспортне забезпечення населення є одним із ключових чинників стабільного функціонування міського середовища. Зростання потреб мешканців у пересуванні, збільшення транспортної активності та ускладнення структури міських поїздок висувають нові вимоги до організації пасажирських перевезень і функціонування транспортної інфраструктури. Якість роботи міського пасажирського транспорту безпосередньо впливає на рівень доступності соціально значущих об'єктів, економічну активність населення та комфортність проживання в містах. Така тенденція потребує застосування сучасних інструментів прогнозування попиту на перевезення, оптимізації параметрів роботи маршрутного транспорту, раціональної організації дорожнього руху та використання цифрових технологій управління. Важливу роль у цьому процесі відіграють інтелектуальні транспортні системи, автоматизовані засоби моніторингу та інформаційні сервіси, які забезпечують підвищення якості транспортного обслуговування, безпеки руху та ефективності функціонування транспортної системи міста в цілому.

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

РОЗДІЛ 1
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ПОЛОЖЕНЬ

1.1. Розгляд напрямів удосконалення міської пасажирської транспортної системи

Сучасні умови функціонування міського пасажирського транспорту потребують удосконалення системи управління перевезеннями з урахуванням принципів цифровізації, сталого розвитку та пасажироорієнтованого підходу. Ефективне управління МПТ передбачає комплексне виконання організаційних, планувальних, мотиваційних і контрольних функцій, спрямованих на забезпечення якісного, безпечного та доступного транспортного обслуговування населення.

Важливими складовими управління міським пасажирським транспортом є формування раціональної маршрутної мережі, оптимізація розкладів руху, вибір сучасного рухомого складу, удосконалення тарифної політики та забезпечення постійного контролю якості перевезень. Особливого значення набувають питання інтеграції інтелектуальних транспортних систем, аналізу транспортних даних, підвищення екологічності перевезень та врахування потреб пасажирів під час організації транспортного процесу.

Основні сучасні завдання управління міським пасажирським транспортом наведено на рис. 1.1.

Організація і планування охоплюють формування та оптимізацію маршрутної мережі, визначення параметрів роботи маршрутів, розробку розкладів руху, вибір типу та місткості рухомого складу, а також інтеграцію МПТ у міське середовище. Сучасні дослідження у сфері транспортного планування акцентують увагу на використанні пасажироцентрованого підходу, аналізі транспортного попиту, цифровому моделюванні транспортних потоків та впровадженні інтелектуальних транспортних систем

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

(ITS). Особливого значення набувають концепції сталого міського розвитку, зокрема концепція «15-хвилинного міста», яка передбачає забезпечення доступності основних об'єктів інфраструктури в межах короткого часу пересування без використання приватного автомобіля. Також сучасні тенденції розвитку МПТ пов'язані з пріоритетом громадського транспорту, розвитком мультимодальних перевезень, цифровізацією транспортних сервісів, впровадженням екологічного рухомого складу та підвищенням інклюзивності транспортної системи. Основною метою організації та планування є забезпечення доступності, регулярності, екологічності та ефективності транспортного обслуговування населення.

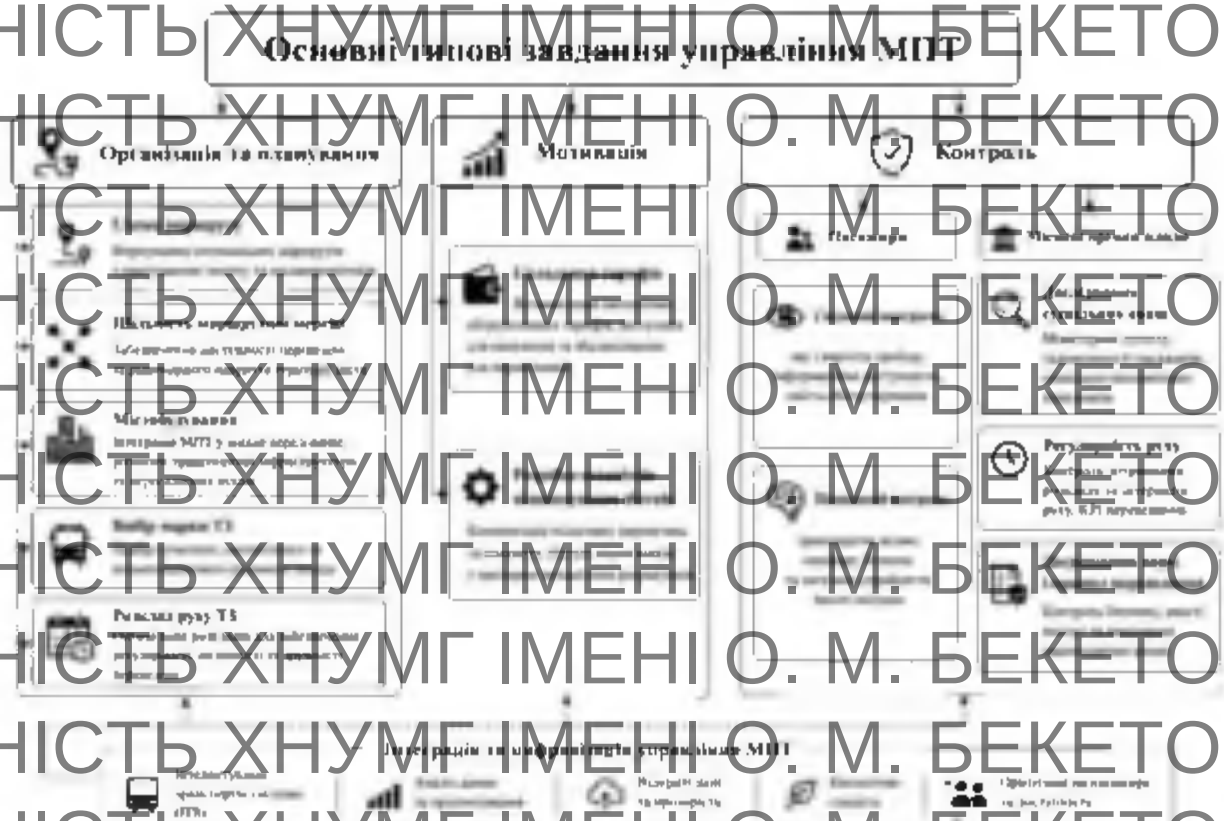

Рисунок 1.1 Основні типові завдання управління міським пасажирським транспортом (МПТ) [1 – 3]

Мотивація і контроль спрямовані на забезпечення ефективного функціонування системи МПТ шляхом удосконалення тарифної політики,

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

механізмів компенсації перевезень, оцінювання якості транспортних послуг та моніторингу роботи перевізників. Сучасні підходи передбачають використання систем KPI, автоматизованого диспетчерського контролю, GPS-моніторингу руху транспортних засобів, аналізу задоволеності пасажирів та відкритих транспортних даних. Контроль у сфері МПТ орієнтований не лише на дотримання нормативних вимог і регулярності руху, але й на оцінювання рівня комфорту, безпеки та загальної якості транспортного обслуговування.

1.2. Інтеграція та цифровізація управління міським пасажирським транспортом

Сучасний розвиток міського пасажирського транспорту характеризується активним впровадженням цифрових технологій, інтеграцією транспортних сервісів та переходом до концепції «розумної» мобільності. В умовах зростання транспортного попиту, урбанізації та необхідності забезпечення сталого розвитку міст особливого значення набуває цифровізація систем управління міським пасажирським транспортом (МПТ). Використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій дозволяє підвищити ефективність організації перевезень, покращити якість транспортного обслуговування населення та забезпечити більш раціональне використання транспортної інфраструктури.

У сучасних дослідженнях значна увага приділяється інтеграції організаційних, економічних, інформаційних та технологічних механізмів управління МПТ. Сучасна система управління транспортом повинна базуватись на принципах пасажироорієнтованості, екологічності, доступності та цифрової інтеграції транспортних сервісів. Особливого значення набуває використання інтелектуальних транспортних систем (ITS), GPS-моніторингу, автоматизованого диспетчерського управління та аналізу транспортних даних у режимі реального часу [4, 5].

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Одним із ключових напрямів цифровізації МПТ є впровадження інтегрованих систем оплати проїзду та електронного квитка. У дослідженні «Account Based Ticketing (ABT) integration for seamless multi-modal transport systems in smart cities» розглядається концепція Account Based Ticketing (ABT), яка дозволяє забезпечити використання різних видів транспорту через єдиний цифровий обліковий запис пасажира. Такий підхід сприяє інтеграції транспортних систем, розвитку мультимодальних перевезень та підвищенню зручності користування громадським транспортом. Крім того, цифрові платформи створюють передумови для реалізації концепції Mobility as a Service (MaaS), що передбачає інтеграцію різних транспортних сервісів у єдину інформаційну систему [4, 5].

У сучасних умовах важливого значення набуває використання технологій Big Data та автоматизованих систем аналізу транспортних потоків. У роботах, присвячених розвитку «розумної» мобільності та Smart City, зазначається, що використання цифрових технологій дозволяє здійснювати прогнозування транспортного попиту, оптимізувати маршрутні мережі, удосконалювати розклади руху та підвищувати регулярність перевезень. Водночас інтеграція транспортного планування з містобудівним розвитком сприяє формуванню стійких транспортних систем і зниженню залежності населення від приватного автомобільного транспорту [6, 7].

Сучасні дослідження також акцентують увагу на переході від традиційної моделі організації перевезень до більш гнучких та адаптивних транспортних систем. Значного поширення набувають demand-responsive transport (DRT), мультимодальні перевезення та сервіси MaaS, які дозволяють підвищити рівень мобільності населення та адаптувати транспортне обслуговування до реального попиту пасажирів. Використання ІТС-технологій, GPS-моніторингу та алгоритмів оперативного управління дозволяє скоротити час очікування транспорту, підвищити регулярність руху

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

та зменшити транспортне навантаження на міську вулично-дорожню мережу [6, 7].

Рисунок І.2 – Ключові напрями інтеграції та цифровізації управління МПТ

Таким чином, інтеграція та цифровізація управління міським пасажирським транспортом є важливими напрямами розвитку сучасних транспортних систем. Впровадження інтелектуальних транспортних систем, цифрових платформ управління мобільністю, електронного квитка та сучасних методів аналізу транспортних даних дозволяє підвищити ефективність функціонування МПТ, забезпечити якісне транспортне обслуговування населення та створити передумови для формування сталої та пасажироорієнтованої транспортної системи міста.

І.3. Висновки по розділу

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

1. Досліджено сучасні напрями удосконалення міської пасажирської транспортної системи та встановлено, що ефективне управління повинно базуватись на комплексному поєднанні організаційних, планувальних, мотиваційних і контрольних функцій.

2. Визначено, що сучасні тенденції розвитку міського пасажирського транспорту пов'язані з реалізацією пасажироорієнтованого підходу, концепції сталого розвитку, «15-хвилинного міста», розвитку мультимодальних перевезень та підвищення екологічності транспортної системи.

3. Проаналізовано основні напрями інтеграції та цифровізації управління МПТ, зокрема впровадження інтелектуальних транспортних систем (ITS), GPS-моніторингу, електронного квитка, систем Account Based Ticketing (ABT), Mobility as a Service (MaaS) та технологій Big Data. Встановлено, що використання цифрових технологій і сучасних інформаційних платформ сприяє підвищенню регулярності руху, оптимізації маршрутної мережі, скороченню часу очікування транспорту та покращенню якості транспортного обслуговування населення.

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

РОЗДІЛ 2
ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ НА МАРШРУТІ

2.1. Прогнозування обсягів перевезень пасажирів

Обсяги перевезень пасажирів є визначальним чинником ефективності функціонування транспортного підприємства. Для підприємств автомобільного пасажирського транспорту цей чинник визначає обсяги надходження коштів в бюджет підприємства. Прогнозування засновується на даних, представлених в додатку до завдання. Використовуючи засоби прогнозування вбудовані в MS Excel отримуємо наступний результат (рис. 2.1). Також результати прогнозування представляємо в додатку А до роботи.

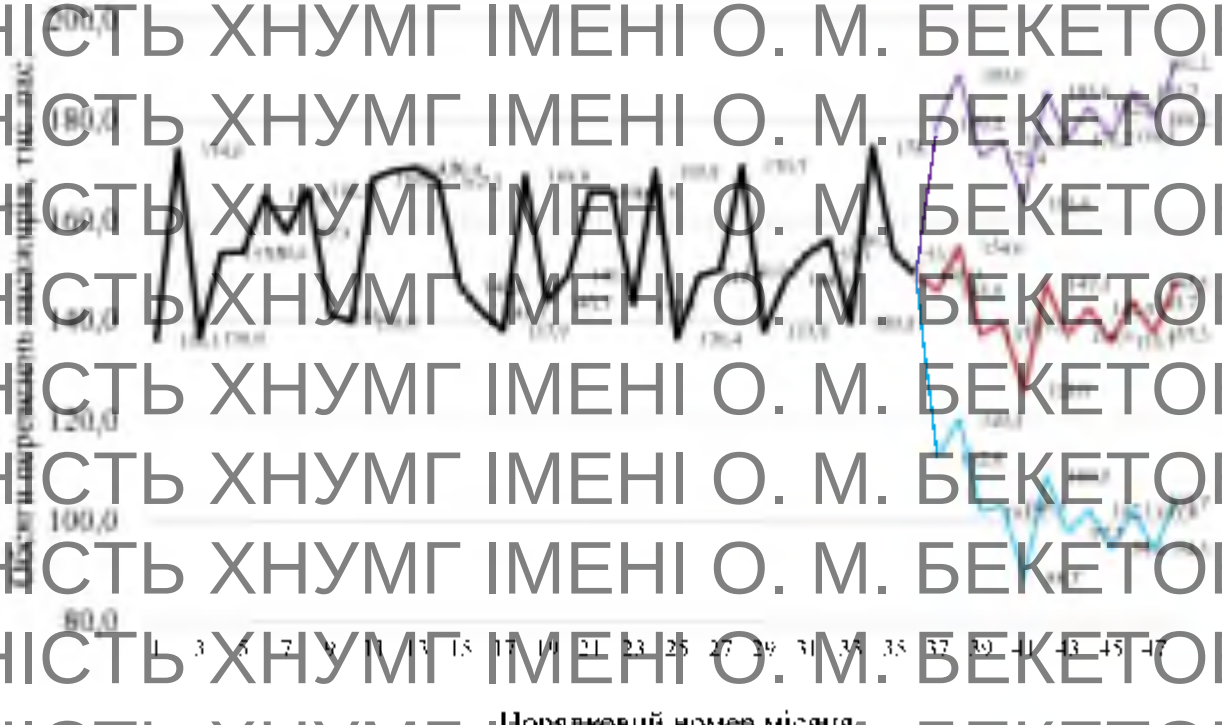

Рисунок 2.1 – Результати прогнозування обсягу перевезень на 2026 рік

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

2.2. Визначення показників перевезень пасажирів

Показники перевезень пасажирів визначають ефективність функціонування маршруту. В продовження процесу дослідження обсягів перевезень на маршруті, що виконане в попередньому підрозділі, проводимо визначення добового обсягу перевезень пасажирів за [2]:

$$Q = \sum_{i=1}^{m} n_{i,i} = \sum_{i=1}^{m} n_{i,i} \qquad (2.1)$$

де $\sum_{i=1}^{m} n_{i,i}$ - сума пасажирів, що зайшли в салон пасажирського транспортного засобу на всіх зупинках маршруту, пас.;

$\sum_{i=1}^{m} n_{i,i}$ – сума пасажирів, що вийшли з салону пасажирського транспортного засобу на всіх зупинках маршруту, пас.

m – кількість зупиночних пунктів на маршруті, од.

Значення цього показника розраховуємо за напрямками:

$$Q_{пр} = 369+402+386+361+337+298+267+234+209+178+143+103+74+55+0 =$$
$$= 0-70+88+126-146+188-225+267-291+316+342+344+333+336+344 = 3416 \text{ пас.}$$

$$Q_{зв} = 238+269+301+315+313+306+272+229+213+193+170+133+102+67+0 =$$
$$= 0+80+114+132+159+200+231+267+266+272+284+290+274+279+273 = 3121 \text{ пас.}$$

Добовий обсяг визначається сумою представлених обсягів за напрямками:

$$Q_{доб} = 2658 + 2763 = 5421 \text{ пас./доб.}$$

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Кількість пасажирів на перегоні маршруту за добу визначається як [13]:

$$q_{пер_i} = q_{пер_{i-1}} + n_{в_i} - n_{з_i}, \quad (2.3)$$

де $q_{пер_i}$ - кількість пасажирів на i - му перегоні, пас.;

$q_{пер_{i-1}}$ - кількість пасажирів на перегоні $i-1$, пас.;

$n_{в_i}$ - кількість пасажирів, що зайняли в транспортний засіб на зупинці i, пас.;

$n_{з_i}$ - кількість пасажирів, що вийшли з транспортного засобу на зупинці i, пас..

Для прямого напрямку отримаємо наступні значення:

$q_{пер1} = 0-369-0 = 369$ пас.; $q_{пер2} = 369+402-70 = 701$ пас.;

$q_{пер3} = 701+386-88 = 999$ пас.; $q_{пер4} = 999+361-126 = 1234$ пас.;

$q_{пер5} = 1234-337-146 = 1425$ пас.; $q_{пер6} = 1425+298-188 = 1535$ пас.;

$q_{пер7} = 1535-267-225 = 1577$ пас.; $q_{пер8} = 1577+234-267 = 1544$ пас.;

$q_{пер9} = 1544-209-291 = 1462$ пас.; $q_{пер10} = 1462+178-316 = 1324$ пас.;

$q_{пер11} = 1324-143-342 = 1125$ пас.; $q_{пер12} = 1125+103-344 = 884$ пас.;

$q_{пер13} = 884+74-333 = 625$ пас.; $q_{пер14} = 625+55-336 = 344$ пас.

Аналогічним чином, для зворотного напрямку проводимо розрахунки за (2.1). Результати представлені в табл. 2.1.

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Таблиця 3.1 - Кількість пасажирів на перегонах маршруту

Прямий напрямок		Зворотний напрямок	
Перегон	Кількість пасажирів, пас.	Перегон	Кількість пасажирів, пас.
1	369	1	238
2	701	2	427
3	999	3	614
4	1234	4	797
5	1425	5	951
6	1535	6	1057
7	1577	7	1098
8	1544	8	1060
9	1462	9	1007
10	1324	10	928
11	1125	11	814
12	884	12	657
13	625	13	485
14	344	14	373

Представляємо пасажиропотоки на перегонах і вигляді рис. 2.2.

Пасажирооберт на маршрутах визначається з урахуванням значень табл. 2.1 та довжини перегонів на маршруті (за даними табл. 3 додатка до завдання).

Формула визначення пасажирообертує наступною:

$$W = \sum_{1}^{m} q_{пер} \cdot l_{пер}, \qquad (2.3)$$

де $l_{пер}$ – довжина перегону i, км.

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

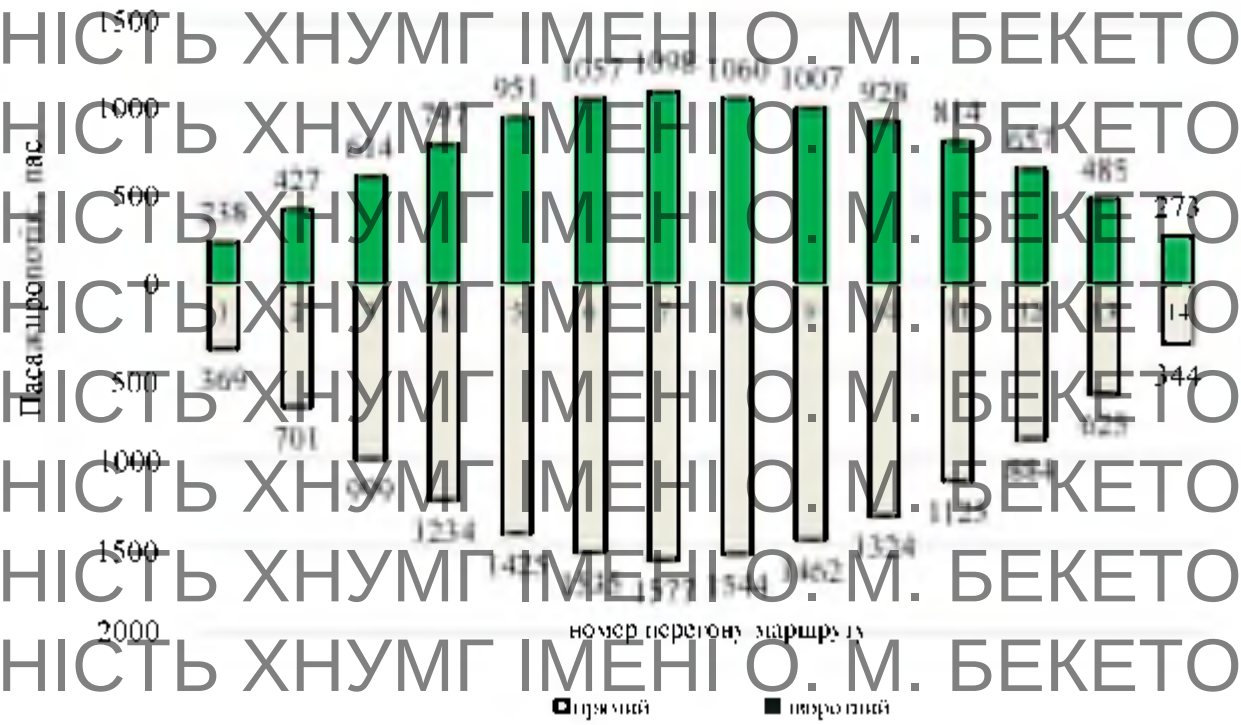

Рисунок 2.2 – Пасажиропотоки на перегонах маршруту

Таблиця 2.2 – Результати визначення пасажирообсягу на перегонах

Перегон маршруту	Довжина перегону, км.	Кількість пасажирів в салоні ТЗ, пас.		Транспортна робота, пас км.	
		Прямий напрямок	Зворотний напрямок	Прямий напрямок	Зворотний напрямок
1	2	3	4	5	6
1-2	0,655	369	238	241,70	155,89
2-3	0,683	701	427	478,78	291,64
3-4	0,601	999	614	600,40	369,01
4-5	0,653	1234	797	805,80	520,44
5-6	0,684	1425	951	974,70	650,48
6-7	0,664	1535	1057	1019,24	701,85
7-8	0,663	1577	1098	1045,55	727,97
8-9	0,633	1544	1060	977,35	670,98

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Продовження табл. 2.2

1	2	3	4	5	6
9-10	0,618	1462	1007	903,52	622,33
10-11	0,616	1324	928	815,58	571,65
11-12	0,686	1125	814	771,75	558,40
12-13	0,674	884	657	595,82	442,82
13-14	0,603	625	485	376,88	292,46
14-15	0,634	344	273	218,10	173,08
Сума	9,067	-	-	9825,16	6749,01

Пасажирооберт в прямому напрямку складає:

$$W_{пр} = 9825,16 \text{ пас·км.}$$

Пасажирооберт в зворотному напрямку складає:

$$W_{зв} = 6749,01 \text{ пас·км.}$$

Загальний пасажирооберт за добу дорівнює:

$$W_{заг} = 16574,17 \text{ пас·км.}$$

Представляємо характеристики рейсів за добу в додатку Б. Оскільки, згідно додоатку до завдання кількість обертів складає 14 одиниць, це означає, що пасажирський транспортний засіб виконує за добу 14 рейсів в прямому напрямку та 14 рейсів в зворотному напрямку. Характеристики рейсів із зазначенням відповідних показників представлені в додатку. Представляємо

приклади визначення основних показників представлених рейсів, зокрема середньої відстані поїздки [2]:

$$\bar{l} = \frac{W}{Q}, \qquad (2.4)$$

В прямому напрямку:

$$\bar{l} = \frac{9825,16}{3416} = 2,88\,\text{км}.$$

В зворотному напрямку:

$$l_{ср} = \frac{6749,01}{3121} = 2,16\,\text{км}.$$

Коефіцієнти використання місткості салону автобусу – статичний (γ_c) та динамічний ($\gamma_д$) вказують на ступінь заповнення салону пасажирського транспортного засобу:

$$\gamma_c = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^{m} \frac{q_{пер}}{q_н \cdot n_{об}}. \qquad (2.5)$$

де m - кількість перегонів маршруту, од.;

$q_{пер}$ - пасажиропотоки на перегонах маршруту за напрямками, пас./добу;

$q_н$ - номінальна місткість автобусу, пас.;

$n_{об}$ - кількість обертів на маршруті, од.

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

$$\gamma'' = \frac{1}{14 \cdot 130 \cdot 14} \cdot (369 + 701 + 999 + 1234 + 1425 + 1535 + 1577 +$$

$$+ 1544 + 1462 + 1324 + 1125 + 884 + 625 + 344) = 0,595.$$

$$\gamma'' = \frac{1}{14 \cdot 130 \cdot 14} \cdot (238 + 427 + 614 + 797 + 951 + 1057 + 1098 +$$

$$+ 1060 + 1007 + 928 + 814 + 657 + 485 + 273) = 0,408.$$

$$\gamma = \frac{W}{l_м \cdot q_г \cdot n_м}, \quad (2.6)$$

де $l_м$ - довжина маршруту, км; $l_м$ 9,067 км.

$$\gamma'' = \frac{9825,16}{9,067 \cdot 130 \cdot 14} = 0,595.$$

$$\gamma'' = \frac{6749,01}{9,067 \cdot 130 \cdot 14} = 0,409.$$

Коефіцієнт змінюваності пасажирів на маршруті визначається наступним чином [2]:

$$n = \frac{Q}{n_м \cdot q_г \cdot \gamma}, \quad (2.7)$$

$$n'' = \frac{3416}{14 \cdot 130 \cdot 0,595} = 3,16,$$

$$n'' = \frac{3121}{14 \cdot 130 \cdot 0,408} = 4,20.$$

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Коефіцієнт використання пробігу визначається наступним чином:

$$\beta = \frac{2 \cdot l_м \cdot n_{об}}{2 \cdot l_м \cdot n_{об} + 2 \cdot l_0}, \qquad (2.8)$$

де l_0 - довжина нульового пробігу, км.

$$\beta = \frac{2 \cdot 9{,}067 \cdot 14}{2 \cdot 9{,}067 \cdot 14 + 2 \cdot 9{,}5} = 0{,}93.$$

Визначаємо час оберту для швидкості сполучення V_c = 20 км/год:

$$t_{об} = \frac{2 \cdot l_м}{V_c}, \qquad (2.9)$$

$$t_{об} = \frac{2 \cdot 9{,}067}{20} = 0{,}907 \text{ год.}$$

Визначимо швидкості руху транспортних засобів на маршруті технічну та сполучення:

$$V_т = \frac{l_{об}}{t_{рух}} = \frac{2 \cdot l_м}{t_{об} - 2 \cdot n_{пр} \cdot t_{пр} - 2 \cdot t_{кз}}, \qquad (2.10)$$

$$V_c = \frac{l_{об}}{t_{рейс}} = \frac{2 \cdot l_м}{t_{об} - 2 \cdot t_{кз}}. \qquad (2.11)$$

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

де $l_{об}$ - довжина оберту на маршруті, км.;

$t_{об}$ - час безпосереднього руху транспортного засобу за оберт, год.;

$t_{об/рс}$ - час рейсу, год.;

$n_{п.з.}$ - кількість проміжних зупинних пунктів на маршруті, од.;

$t_{п.з.}$ - час простою на проміжній зупинці маршруту, год.;

$t_{к.з.}$ - час простою на кінцевій зупинці маршруту, год.

$$V_t = \frac{2 \cdot 9{,}067}{0{,}907 + 2 \cdot 13 \cdot 0{,}006667 + 2 \cdot 0{,}15} = 32{,}63 \text{ км/год.}$$

$$V_t = \frac{2 \cdot 9{,}067}{0{,}907 + 2 \cdot 0{,}15} = 24{,}88 \text{ км/год.}$$

Використовуючи отримані показники роботи автобусів на маршруті, визначимо продуктивність транспортних засобів за рейс в пасажирах ($P_{рс}$, пас./год.) та пасажирокілометрах за годину ($P_{км}$, пас.-км./год.) за наступними залежностями відповідно [2]:

$$P_{рс} = \frac{q_н \cdot \gamma_с \cdot \eta \cdot V_t \cdot \beta}{l_{об} + V_t \cdot \beta \cdot (n_{п.з.} \cdot t_{п.з.} + t_{к.з.})}, \quad (2.12)$$

$$P_{км} = \frac{q_н \cdot \gamma_с \cdot V_t \cdot \beta \cdot l_{об}}{l_{об} + V_t \cdot \beta \cdot (n_{п.з.} \cdot t_{п.з.} + t_{к.з.})}, \quad (2.13)$$

$$P_{км} = \frac{130 \cdot 0{,}595 \cdot 3{,}16 \cdot 32{,}63 \cdot 0{,}93}{9{,}067 + 32{,}63 \cdot 0{,}93 \cdot (13 \cdot 0{,}006667 + 0{,}15)} = 455{,}7 \text{ пас./год.}$$

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

$$P_{п}^{чг} = \frac{130 \cdot 0,408 \cdot 4,20 \cdot 32,63 \cdot 0,93}{9,067 + 32,63 \cdot 0,93 \cdot (13 \cdot 0,006667 + 0,15)} = 416,4 \text{ пас./год.,}$$

$$P_{ф}^{чг} = \frac{130 \cdot 0,595 \cdot 32,63 \cdot 0,93 \cdot 9,067}{9,067 + 32,63 \cdot 0,93 \cdot (13 \cdot 0,006667 + 0,15)} = 1310,8 \text{ пас} \cdot \text{км./год.,}$$

$$P_{н}^{чг} = \frac{130 \cdot 0,409 \cdot 32,63 \cdot 0,93 \cdot 9,067}{9,067 + 32,63 \cdot 0,93 \cdot (13 \cdot 0,006667 + 0,15)} = 900,4 \text{ пас} \cdot \text{км./год.}$$

Окрім цього можливим стає визначення собівартості перевезень пасажирів в гривнях за пасажира ($S_{пас}$, грн./пас.) та в гривнях за пасажирокілометр ($S_{пас\cdot км}$, грн./пас · км.) [2]:

$$S_{пас} = \frac{l_{їз}}{q_{н} \cdot \gamma_{н} \cdot \beta}(C_{зм} + \frac{C_{ст}}{V_{т}}), \quad (2.14)$$

$$S_{пас\cdot км} = \frac{1}{q_{н} \cdot \gamma_{н} \cdot \beta}(C_{зм} + \frac{C_{ст}}{V_{т}}), \quad (2.15)$$

де $C_{зм}$ - змінні витрати, грн./км.;

$C_{ст}$ - сталі витрати, грн./год.

Існує залежність значення змінних та сталих витрат від місткості транспортного засобу:

$$C_{зм} = 0,0125 \cdot q_{н} \cdot \$, \quad (2.16)$$

$$C_{ст} = 0,0415 \cdot q_{н} \cdot \$, \quad (2.17)$$

де \$ - вартість однієї у.о., грн.

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

$$C_{км} = 0{,}0125 \cdot 130 \cdot 44 = 71{,}50 \text{ грн./км.},$$

$$C_{год} = 0{,}0415 \cdot 130 \cdot 44 = 237{,}38 \text{ грн./год.},$$

$$S_{пас}^{км} = \frac{2{,}88}{130 \cdot 0{,}595 \cdot 0{,}93}\left(71{,}50 + \frac{237{,}38}{20}\right) = 3{,}33 \text{ грн./пас.},$$

$$S_{пас}^{год} = \frac{2{,}16}{130 \cdot 0{,}409 \cdot 0{,}93}\left(71{,}50 + \frac{237{,}38}{20}\right) = 3{,}65 \text{ грн./пас.},$$

$$S_{пас \cdot км}^{км} = \frac{1}{130 \cdot 0{,}595 \cdot 0{,}93}\left(71{,}50 + \frac{237{,}38}{20}\right) = 1{,}16 \text{ грн./пас·км},$$

$$S_{пас \cdot км}^{год} = \frac{1}{130 \cdot 0{,}409 \cdot 0{,}93}\left(71{,}50 + \frac{237{,}38}{20}\right) = 1{,}69 \text{ грн./пас·км}$$

2.3. Визначення необхідної кількості транспортних засобів на маршруті

Кількість транспортних засобів на маршруті в певний період доби є функцією пасажиропотоків, що мають змінні значення по годинам доби [13]:

$$A_{т(i,i+1)} = \frac{P_{(i-1/i+1)} \cdot t_{об}}{q_н \cdot \gamma}, \qquad (2.18)$$

γ - коефіцієнт використання місткості ($\gamma = 1$);

$q_н$ - номінальна місткість автобуса, пас. ($q_н = 130$).

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Для години з сьомої до восьмої ранку кількість пасажирських транспортних складе [13]:

$$A_{7-8} = \frac{1577 \cdot 0{,}907}{130 \cdot 1} = 11 \text{ од.}$$

Кількість транспортних засобів для інших годин доби визначається аналогічно та представлена в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Значення пасажиропотоків на маршруті та відповідної кількості транспортних засобів

Час	Значення пасажиропотоку, пас/год.	Кількість транспортних засобів, од.
1	2	3
5^{00} - 6^{00}	473	4
6^{00} - 7^{00}	1262	9
7^{00} - 8^{00}	1577	11
8^{00} - 9^{00}	1262	9
9^{00} - 10^{00}	789	6
10^{00} - 11^{00}	473	4
11^{00} - 12^{00}	315	3
12^{00} - 13^{00}	473	4
13^{00} - 14^{00}	789	6
14^{00} - 15^{00}	946	7

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Продовження табл. 2.3

1	2	3
15^{00} - 16^{00}	946	7
16^{00} - 17^{00}	1262	9
17^{00} - 18^{00}	1419	10
18^{00} - 19^{00}	946	7
19^{00} - 20^{00}	789	6
20^{00} - 21^{00}	473	4
21^{00} - 22^{00}	315	3
22^{00} - 23^{00}	158	2

Використовуючи розрахунки з табл. 2.3 проводиться побудова значень пасажиропотоків (рис. 2.3) та кількості автобусів (рис. 2.4).

Максимальна кількість автобусів для роботи на маршруті визначається наступним чином:

$$A_{max} = A_{max} \cdot K_{н}, \tag{2.19}$$

де A_{max} – максимально можлива кількість автобусів, од.;

$K_{н}$ - коефіцієнт нефіліту (1,0).

$$A_{max} = 11 \cdot 1,0 = 11 \text{ од.}$$

Визначаємо мінімальну кількість автобусів, що повинні працювати на маршруті для забезпечення максимального інтервалу руху:

$$A_{min} = \frac{t_{об}}{I_{max}}, \tag{2.20}$$

де $t_{об}$ - час оборотного рейсу, хв.;

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

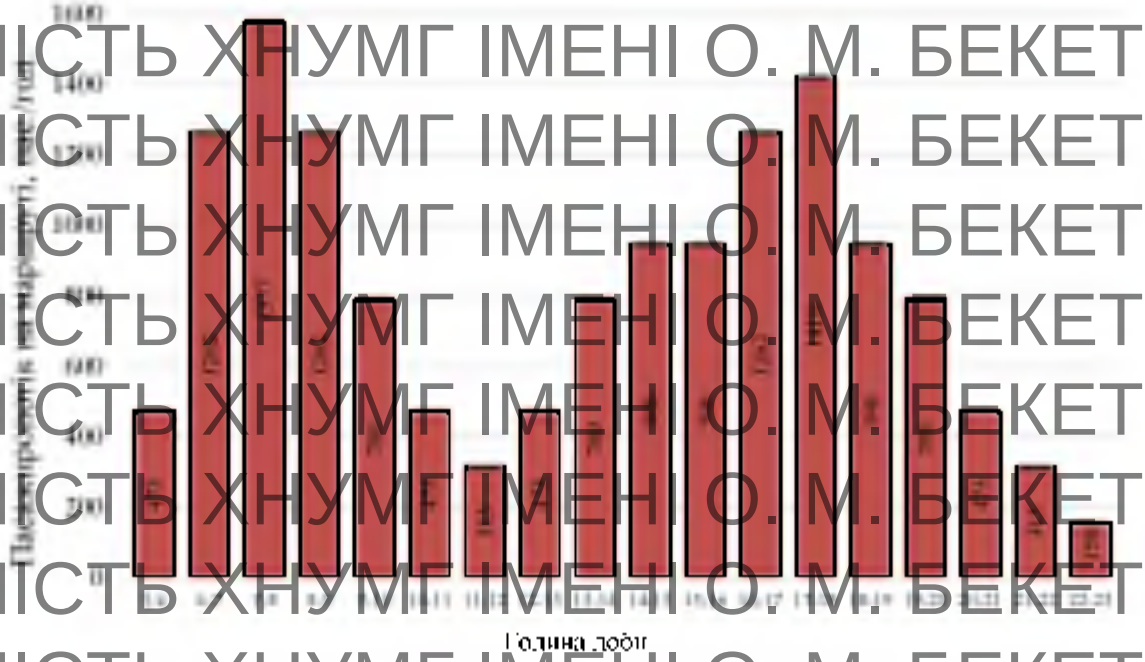

Рисунок 2.3 – Значення пасажиропотоків

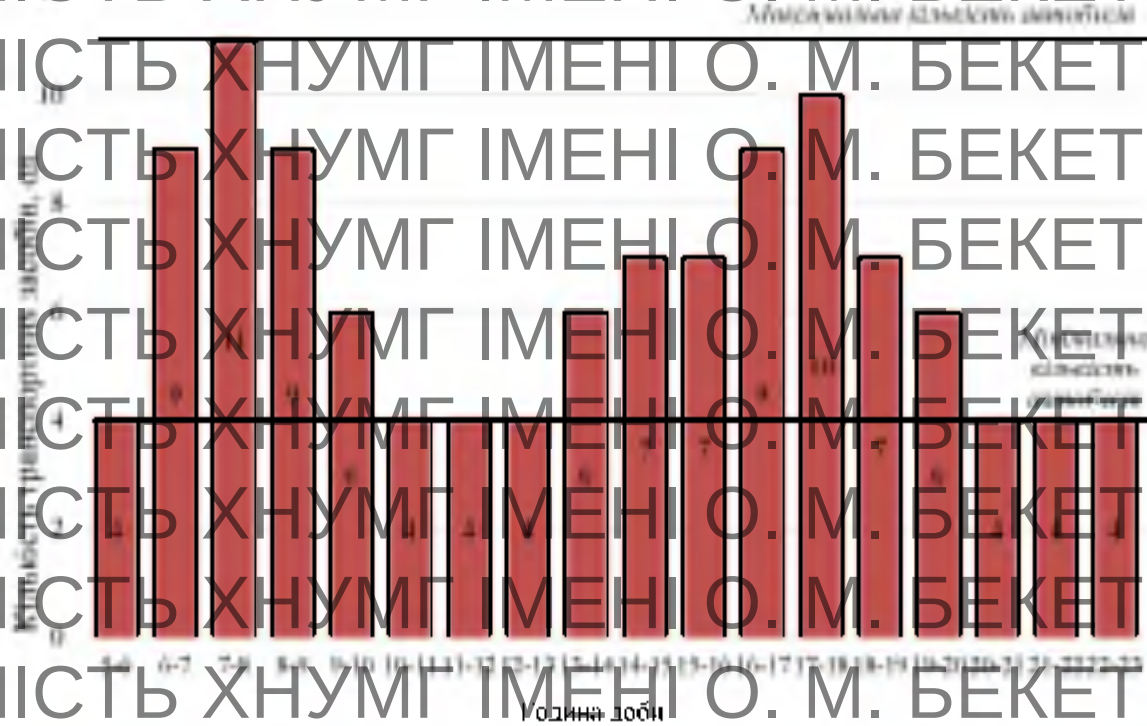

Рисунок 2.4 – Необхідна кількість автобусів на маршруті

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

I_{max} – припустимий інтервал руху в місті, за якого пасажир «згоден» очікувати на транспортний засіб на зупинному пункті маршруту, хв. (I_{max} = 15 хв.).

$$A_{min} = \frac{64}{15} = 3,6 \approx 4,0 \text{ од.}$$

З урахуванням мінімальної та максимальної кількості автобусів проводимо коригування даних табл. 2.3. Результати представлені в табл.2.4.

Таблиця 2.4 – Розподіл потрібної кількості автобусів за добу

Період доби	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14
Кількість ТЗ, од.	4	9	11	9	6	4	4	4	6
Період доби	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23
Кількість ТЗ, од.	7	7	9	10	7	6	4	4	4

2.4. Формування розкладу руху

Для роботи на маршруті перевезень пасажирів застосовуємо два режими праці та відпочинку водіїв. Визначена мінімальна кількість транспортних засобів, що склала 4 од., передбачає застосування для цих випусків двозмінного режиму праці та відпочинку. Інші автобуси з 5-го по 11-й будуть працювати за перерваним режимом. Тривалість праці та відпочинку водіїв при застосуванні таких режимів представлена в табл. 2.5.

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Таблиця 3.5 – Режими праці та відпочинку водіїв

Режим праці водіїв	Час роботи водія, год.	Час перерви (міжпікового «відстою»), год.
Перерваний	8 – 10	3 – 5
Двозмінний	7 – 9	0,5 – 1,5

Далі визначаємо коефіцієнт ефективності графоаналітичної побудови:

$$K_{еф} = \frac{АГ_{потр}}{АГ_{побуд}}, \qquad (2.21)$$

де $АГ_{потр}$ – кількість автобусо - годин потрібних, од.;

$АГ_{побуд}$ - кількість автобусо - години побудованих, од.

Автобусо години потрібна – кількість автоюбусогодин з табл. 2.4. $АГ_{потр}$ – 115.

Як видно з рис. 2.5 – кількість автобусо – годин побудованих з урахуванням доданих (5 од.), складає 115 – 5 = 120.

На основі цього визначимо коефіцієнт ефективності:

$$K_{еф} = \frac{115}{120} = 0,958.$$

Вимоги до графоаналітичного розрахунку є такими, що чим меншою є розбіжність між кількістю потрібних автобусо-годин та побудованих, тим кращим є якість виконаної графо-аналітичної побудови графіку роботи. Припускається відхилення на не більше ніж 10 %. В даному випадку така розбіжність складає 4,2%, тому графо-аналітична побудова є задовільною.

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

На основі графо-аналітичного розрахунку, формуємо стрічковий графік руху автобусів на маршруті (рис. 2.6). На основі стрічкового графіку складаємо таблицю розкладу руху автобусів для кожного випуску із зазначенням часу перерв, відстоїв, перезмінок для двозмінних режимів роботи.

2.5. Висновки по розділу

В другому розділі роботи виконане прогнозування обсягів перевезень на маршруті на 2026. При прогнозуванні враховано сезонні коливання обсягів перевезень. Визначені основні показники перевезень за напрямками: обсяги перевезень, транспортна робота, коефіцієнти змінюваності, коефіцієнти використання місткості салону, продуктивність та собівартість перевезень. Визначено для місткості автобуса 130 пас. необхідну кількість транспортних засобів в годину-пік для здійснення перевезень. Кількість автобусів дорівнює 11 од. Для них побудовано графо-аналітичний графік з коефіцієнтом ефективності 0,958, складено розклад руху в табличній формі.

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Рисунок 2.5 – Графік роботи водіїв і транспортних засобів на маршруті

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

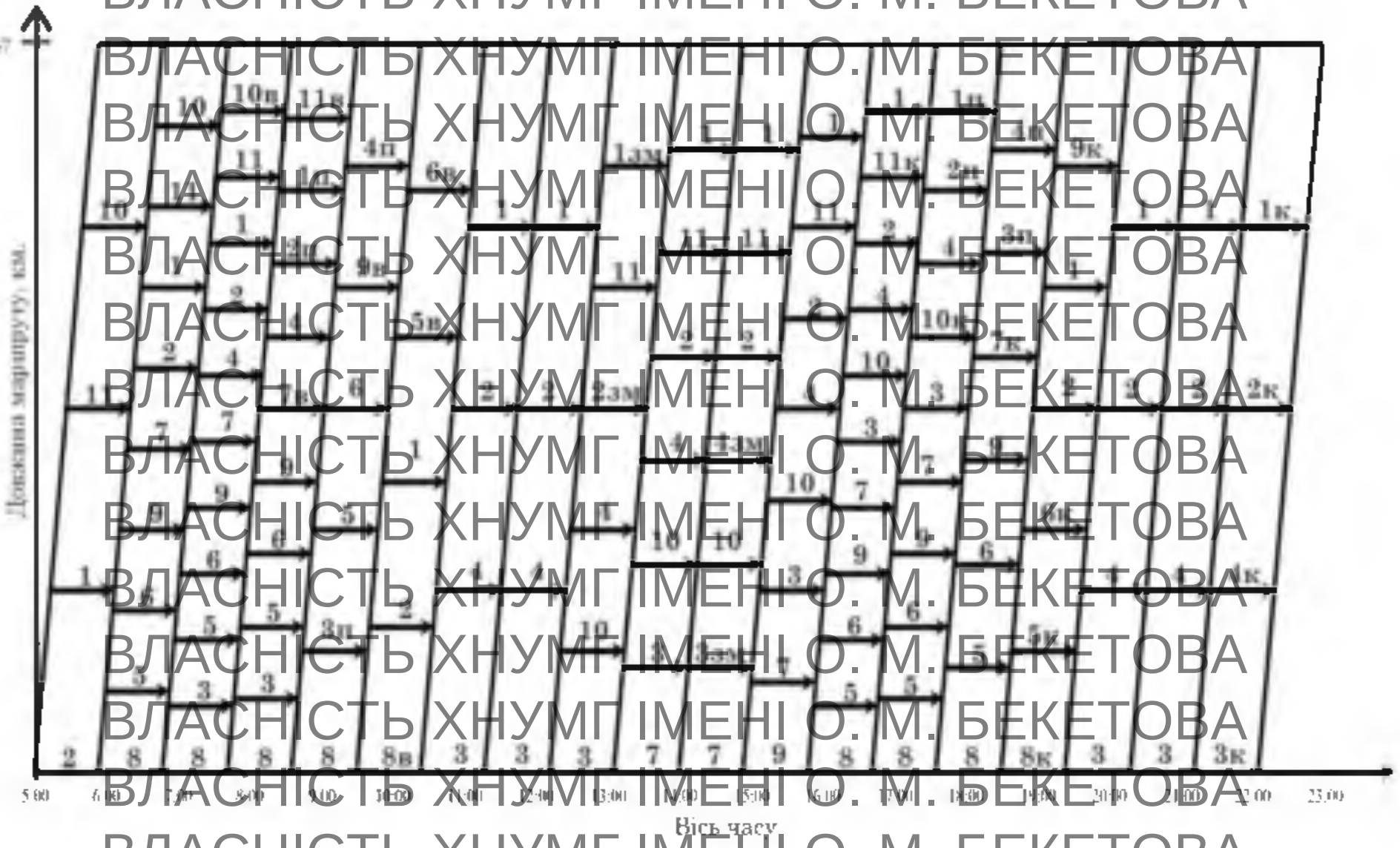

Рисунок 2.6 – Стрічковий графік руху автобусів на маршруті

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Таблиця 2.6 – Розклад руху

Номер пасажирського транспортного засобу (ТЗ)											
ТЗ 1		ТЗ 2		ТЗ 3		ТЗ 4		ТЗ 5		ТЗ 6	
05:13	05:40	05:00	05:27	06:52	07:19	07:17	07:44	06:00	06:27	06:06	06:33
06:30	06:57	06:24	06:51	07:47	08:14	08:14	08:41	06:57	07:24	07:02	07:29
07:27	07:54	07:22	07:49	08:45	09:12	09:21	09:48	07:52	08:19	07:58	08:25
08:25	08:52	08:19	08:46	09:39	П	10:15	П	08:54	09:21	09:03	09:30
09:19	П	09:13	П	10:24	10:51	10:37	11:04	10:02	10:29	10:13	10:40
09:51	10:18	09:40	10:07	11:18	11:45	11:31	11:58	10:56	В	11:07	В
11:04	11:31	10:51	11:18	12:12	12:39	12:30	12:57	13:52	16:19	15:57	16:24
11:58	12:25	11:45	12:12	13:13	13:40	13:29	13:56	16:47	17:14	16:52	17:19
12:57	13:24	12:39	13:06	14:07	14:34	14:23	14:50	17:43	18:10	17:51	18:18
13:51	Зміна	13:33	Зміна	15:01	Зміна	15:17	Зміна	18:37	19:04	18:45	19:12
13:52	14:19	13:36	14:03	15:07	15:34	15:21	15:48	19:31	К	19:39	К
14:46	15:13	14:30	14:57	16:12	16:39	16:22	16:49	-	-	-	-
15:41	16:08	15:27	15:54	17:09	17:36	17:19	17:46	-	-	-	-
16:37	17:04	16:27	16:54	18:14	18:41	18:22	18:49	-	-	-	-
17:30	17:57	17:25	17:52	19:08	П	19:16	П	-	-	-	-
18:24	П	18:19	П	19:24	19:51	19:37	20:04	-	-	-	-
19:00	19:27	18:53	19:20	20:18	20:45	20:31	20:58	-	-	-	-
20:04	20:31	19:51	20:18	21:12	21:39	21:25	21:52	-	-	-	-
20:58	21:25	20:45	21:12	22:06	К	22:19	К	-	-	-	-
21:52	22:19	21:39	22:06	-	-	-	-	-	-	-	-
22:46	К	22:33	К	-	-	-	-	-	-	-	-

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Продовження табл. 2.6

Номер пасажирського транспортного засобу (ТЗ)									
ТЗ 7		ТЗ 8		ТЗ 9		ТЗ 10		ТЗ 11	
06:18	06:45	05:54	06:21	06:12	06:39	05:40	06:07	05:27	05:54
07:12	07:39	06:48	07:15	07:07	07:34	06:42	07:09	06:36	07:03
08:09	08:36	07:42	08:09	08:03	08:30	07:37	08:04	07:32	07:59
09:03	В	08:36	09:03	09:12	09:39	08:31	В	08:30	08:57
13:06	13:33	09:30	09:57	10:06	В	12:21	12:48	09:24	В
14:00	14:27	10:24	В	14:54	15:21	13:21	13:48	12:48	13:15
15:00	15:27	15:48	16:15	16:02	16:29	14:15	14:42	13:44	14:11
16:07	16:34	16:42	17:09	16:58	17:25	15:14	15:41	14:38	15:05
17:03	17:30	17:36	18:03	17:59	18:26	16:17	16:44	15:34	16:01
18:06	18:33	18:30	18:57	19:08	19:35	17:14	17:41	16:32	16:59
19:00	К	19:24	К	20:02	К	18:08	К	17:26	К

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

РОЗДІЛ 3
ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ МАРШРУТУ

3.1. Характеристика транспортного вузла дорожньої мережі

Досліджуваний транспортний вузол являє собою умовне чотиристороннє перехрестя міської вулично-дорожньої мережі, параметри якого прийняті відповідно до вихідних даних бакалаврського проекту. На схемі (рис. 3.1) відображено основні напрямки руху транспортних і пішохідних потоків, що використовуються для подальших розрахунків параметрів світлофорного регулювання.

Рисунок 3.1 – Схема напрямків руху транспортних та пішохідних потоків на досліджуваному транспортному вузлі

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Рисунок 3.2 – Інтенсивність транспортних та пішохідних потоків на перехресті *(власні дані)*

Аналіз заданих транспортних потоків показує, що найбільшу інтенсивність має потік № (368 авт./год). Високими також є значення потоків № (305 авт./год) та № (256 авт./год), що свідчить про переважання прямих напрямків руху на даному перехресті. Серед поворотних потоків найбільш інтенсивним є потік № (151 авт./год), тоді як потоки № (137 авт./год) та № (200 авт./год) також мають суттєвий вплив на організацію дорожнього руху.

Сформую маршрути транспортних засобів у просторі PTV Vissim, враховуючи вихідні для кожного напряму (рис. 3.3 -)

Отримані характеристики транспортного вузла використовуються як вихідні дані для визначення оптимальної схеми пофазного розїзду, розрахунку тривалості фаз світлофорного регулювання та оцінювання ефективності організації дорожнього руху на перехресті.

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

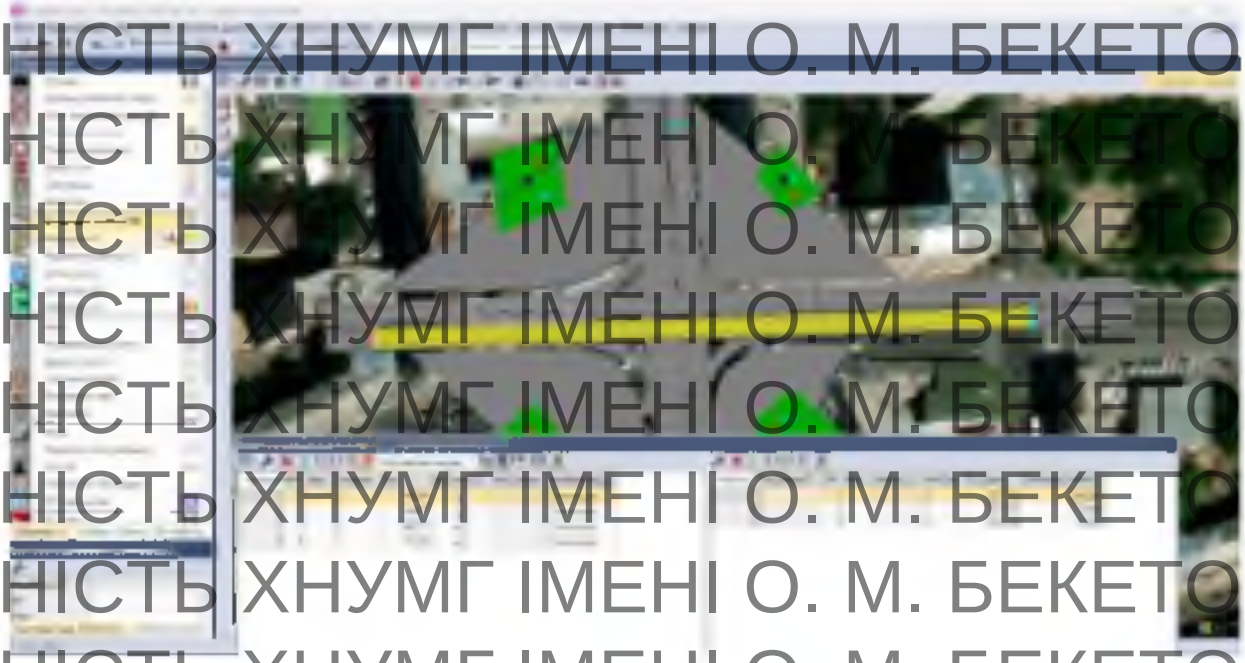

Рисунок 3.3 – Маршрут руху ТЗ напрям ІІІ вихідний транспортний потік N3

Рисунок 3.3 – Маршрут руху ТЗ напрям ІІІ вихідний транспортний потік N3

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

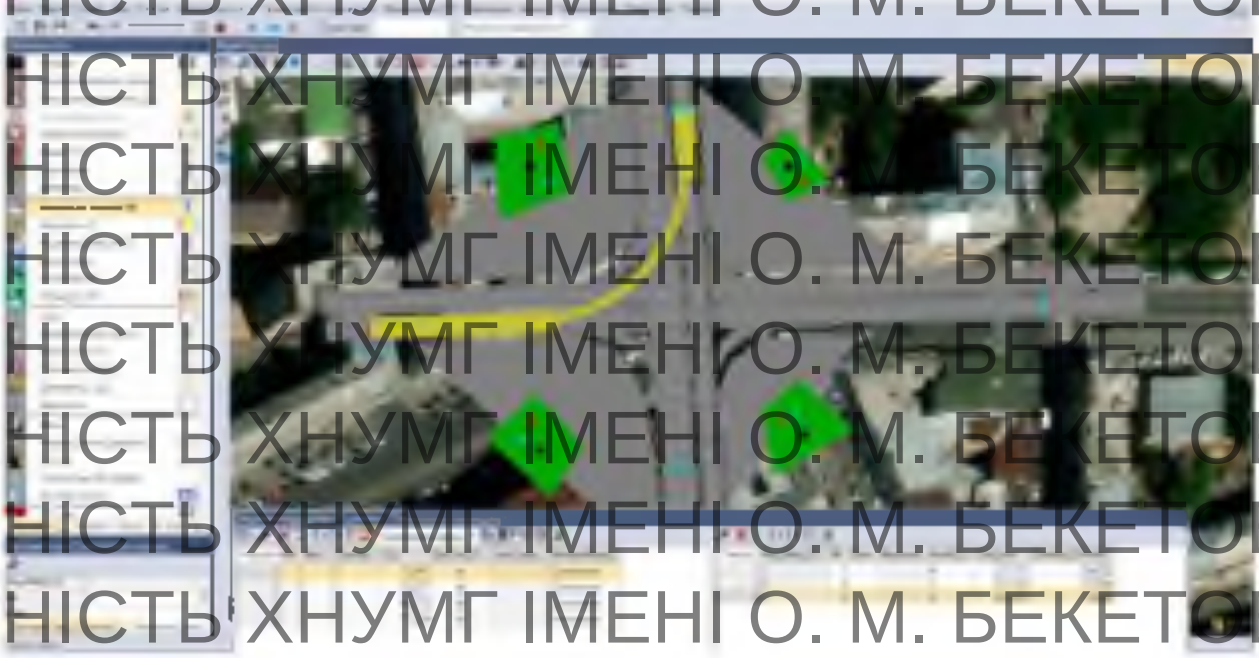

Рисунок 3.3 – Маршрут руху 13 напрям 1Н вихідний транспортний потік N_1

Рисунок 3.4 – Маршрут руху 13 напрям 2Н вихідний транспортний потік N_2

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

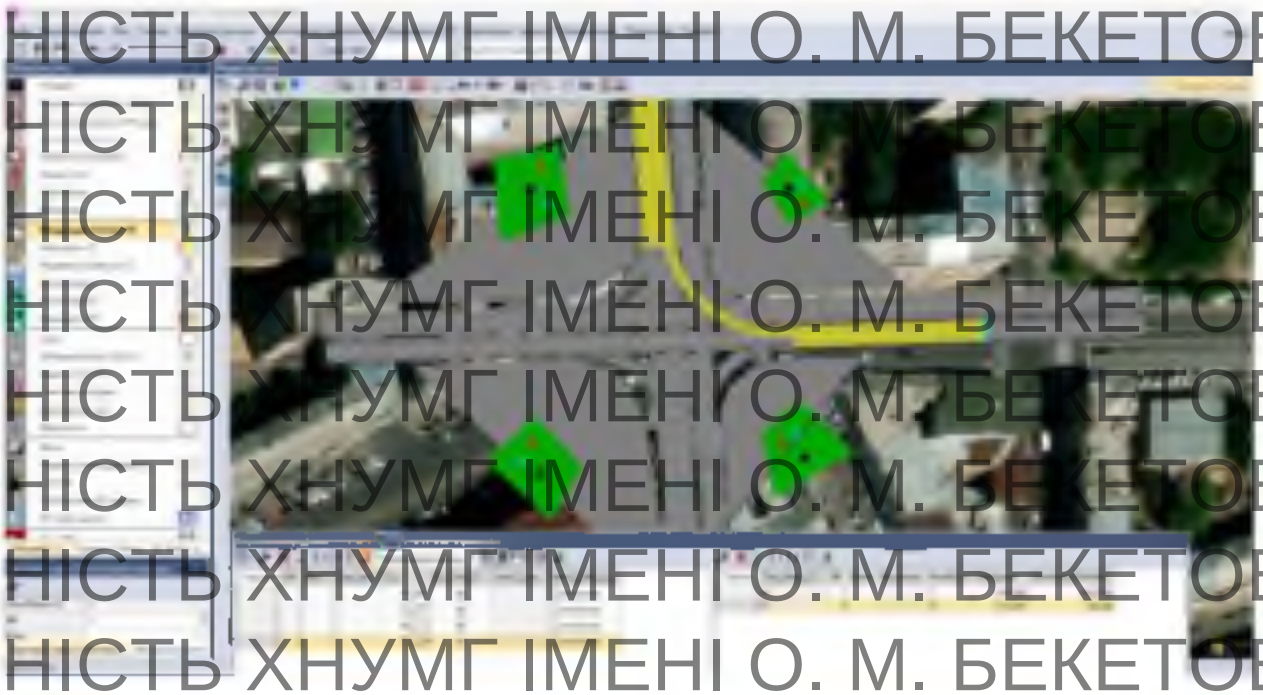

Рисунок 3.5 – Маршрут руху ТЗ напрям 2Н вихідний транспортний потік N8

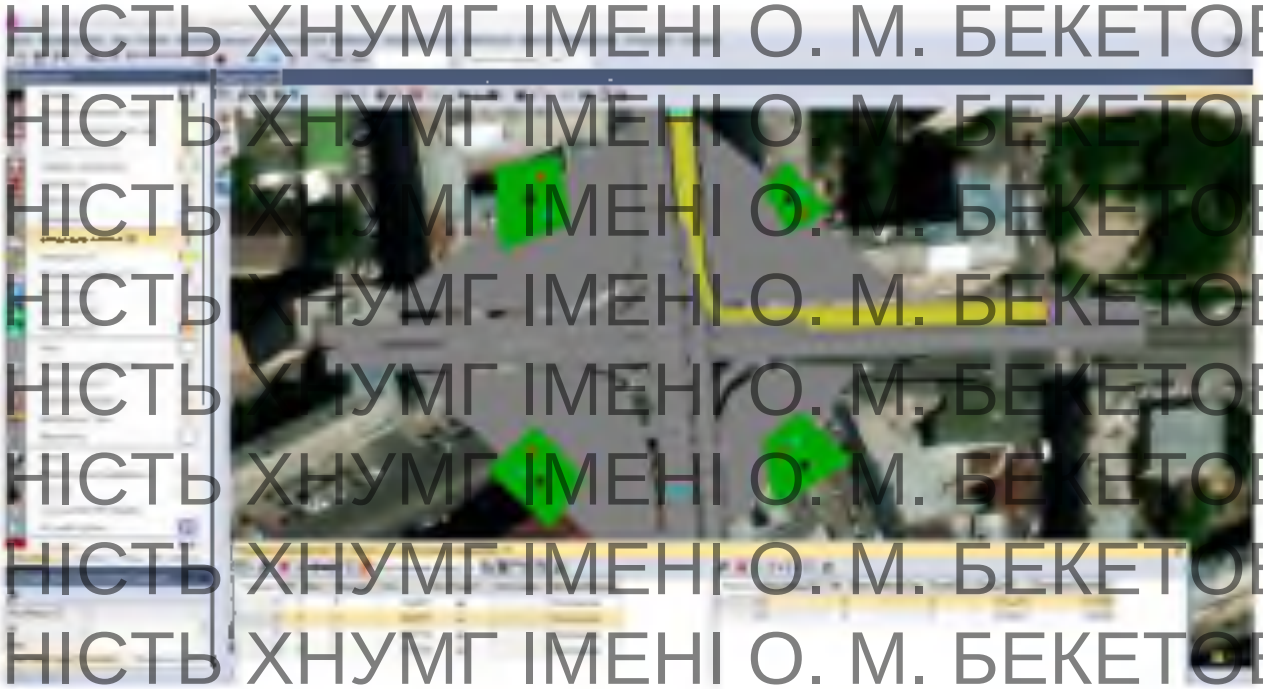

Рисунок 3.6 – Маршрут руху ТЗ напрям 3Н вихідний транспортний потік N8

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Рисунок 3.6 – Маршрут руху ТЗ напрям 3Н вихідний транспортний потік N5

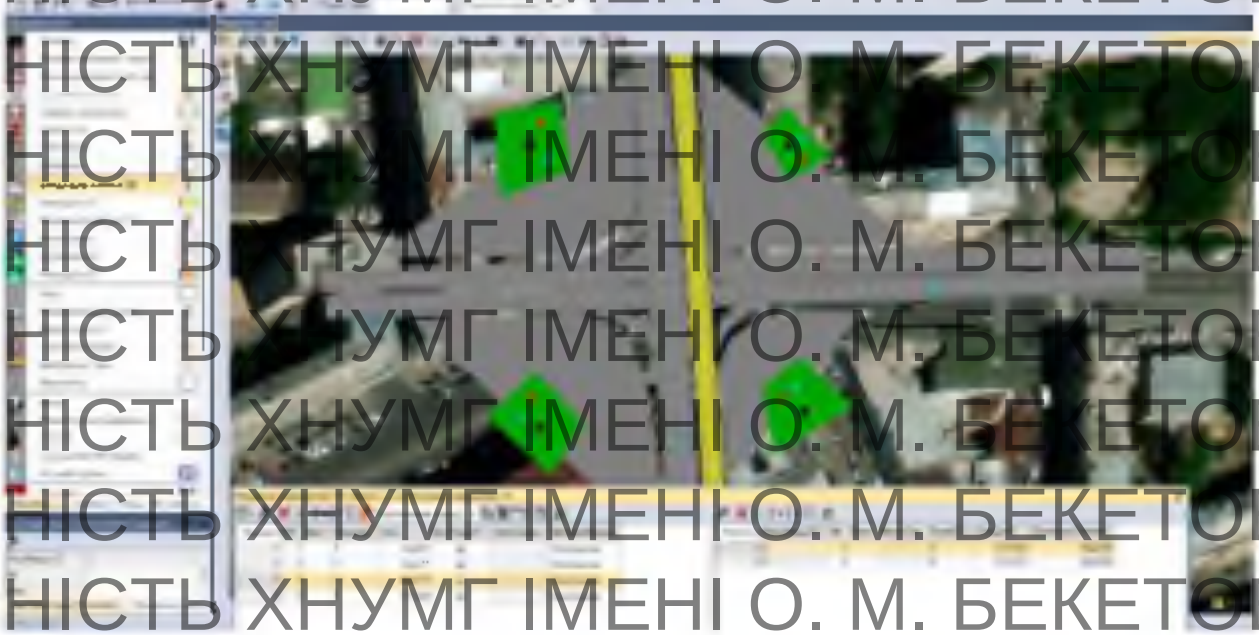

Рисунок 3.7 – Маршрут руху ТЗ напрям 4Н вихідний транспортний потік N4

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Рисунок 3.8 Маршрут руху ТЗ напрям 4П вихідний транспортний потік N_{11}

За всіма напрямами використовуючи об'єкт мережі «Вхідні потоки ТЗ» формуємо сумарну поточну інтенсивність по кожному напряму (рис. 3.9).

Рисунок 3.9 – Поточна сумарна інтенсивність за напрямами

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Використовуючи об’єкт-мережі «Пішохідні маршрути» сформуємо рух пішоходів через перехрестя (рис. 3.10 – 3.12).

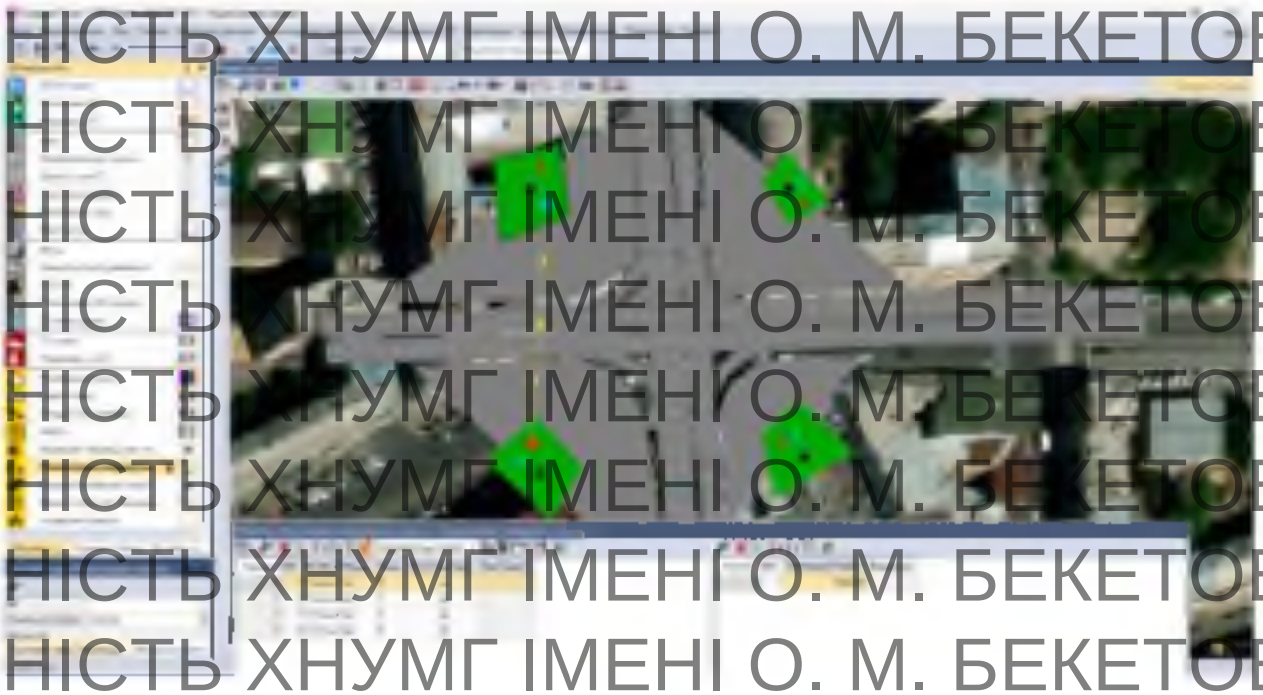

Рисунок 3.10 – Пішохідний потік N_{12}

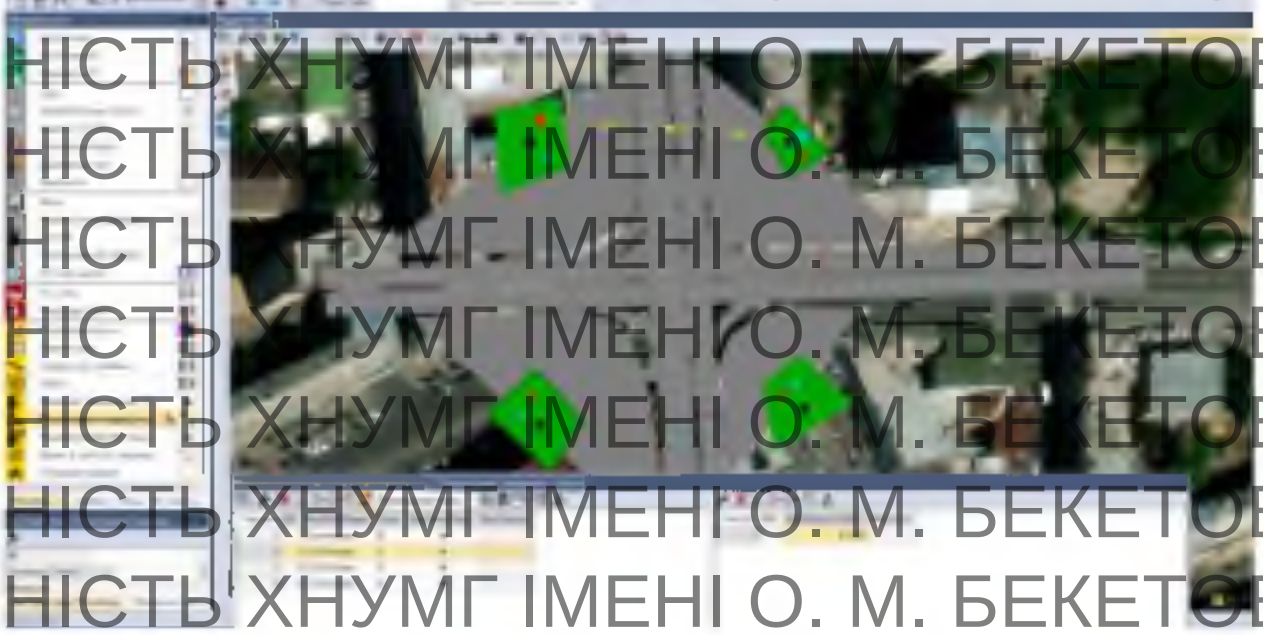

Рисунок 3.11 – Пішохідний потік N_{14}

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

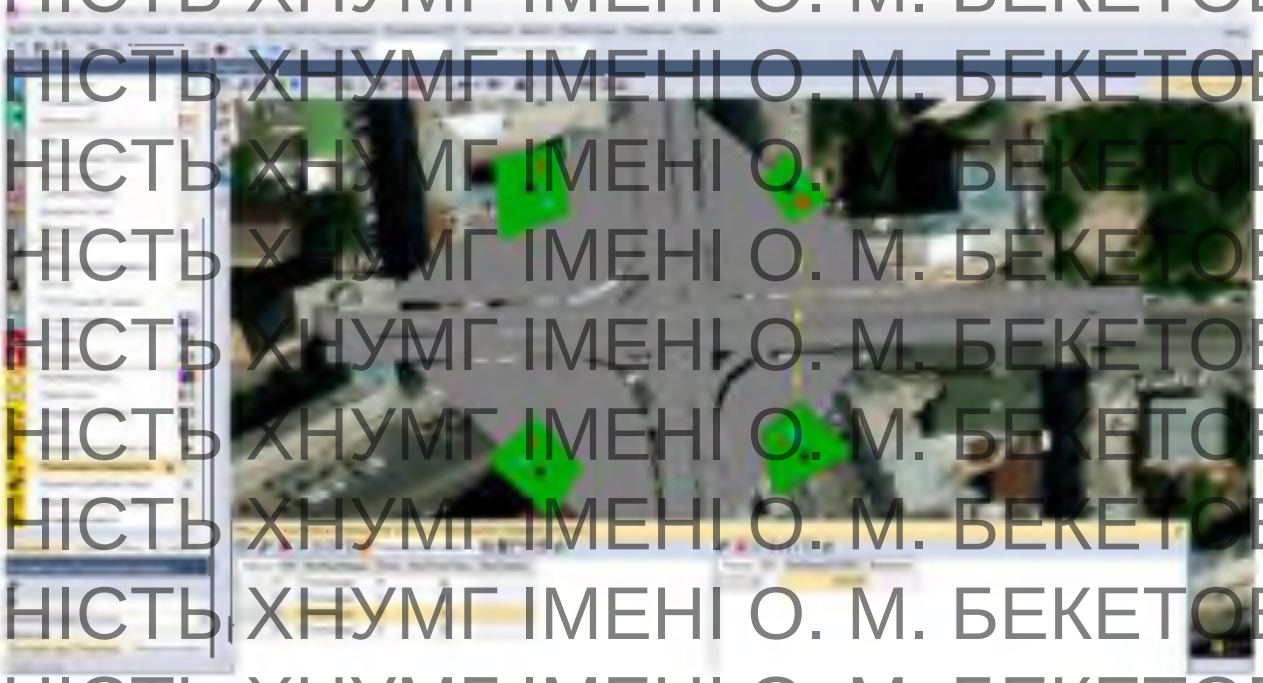

Рисунок 3.12 – Пішохідний потік $N_{ІІ4}$

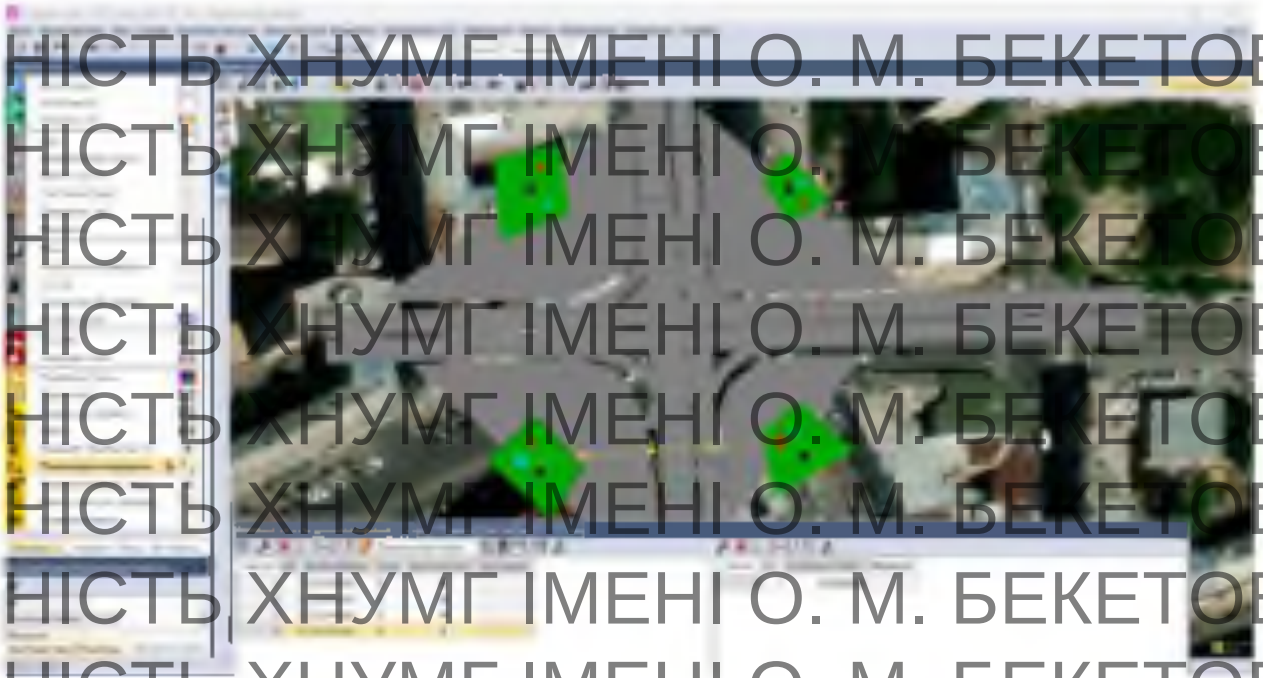

Рисунок 3.12 – Пішохідний потік $N_{ІІ3}$

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

3.2. Вибір кількості смуг на підходах до перехрестя

Для визначення необхідної кількості смуг руху на підходах до перехрестя виконано розрахунок перспективних інтенсивностей транспортних потоків на прогнозний період 10 років. Розрахунок здійснено шляхом використання відомих підходів щодо визначення кількості смуг руху [9-10] з використанням при розрахунках коефіцієнту перспективності $k_п$=1,8. Отримані результати наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Інтенсивність вхідних та вихідних транспортних потоків на підходах до перехрестя (при $k_п$=1,8)

Напрямок	Вид потоку	Склад потоку	Поточна інтенсивність, авт./год	Перспективна інтенсивність, авт./год
1Н	Вихідний	$N_2 + N_4 + N_{10}$	256 + 72 + 137 = 465	465•1,8 = 837
2Н	Вхідний	$N_3 + N_6 + N_9$	368 + 72 + 151 = 591	591•1,8 = 1064
3Н	Вихідний	$N_4 + N_8$	305 + 54 =	359•1,8 = 646
3Н	Вхідний	$N_2 + N_8 + N_{11}$	256 + 54 + 200 = 510	510•1,8 = 918
3Н	Вихідний	$N_5 + N_9$	65 + 151 = 216	519•1,8 = 389
4Н	Вхідний	$N_4 + N_5 + N_{10}$	305 + 65 + 137 = 507	507•1,8 = 913
4П	Вихідний	$N_3 + N_{11}$	368 + 200 = 568	568•1,8 = 1022

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Провівши розрахунок [9-10] пропускної спроможності багатосмугової проїжджої частини з урахуванням необхадних при розрахунках коефіцієнтів [9-10] отримали:

- напрям 1: вихідний потік 837 ≥ 820 → 2 смуги;

напрям 2: вхідний потік 1064 ≥ 820 → 2 смуги; вихідний потік 646 ≤ 820 → 1 смуга;

- напрям 3: вхідний потік – 918 > 820 → 2 смуги; вихідний потік – 389≤820 → 1 смуга;

- напрям 4: вхідний потік 913 ≥ 820 → 2 смуги; вихідний потік 1022 ≥ 820 → 2 смуги.

3.3. Формування світлофорного циклу

Організація руху на досліджуваному перехресті здійснюється за допомогою світлофорного регулювання, основною метою якого є забезпечення безпечного та впорядкованого пропуску транспортних і пішохідних потоків через конфліктну зону перехрестя.

Для зменшення кількості конфліктних точок та забезпечення безпечного роз'їзду транспортних засобів прийнято двофазну схему світлофорного регулювання. Формування фаз здійснено шляхом об'єднання транспортних потоків, траєкторії руху яких не створюють взаємних конфліктів у межах перехрестя. Одночасно з транспортними потоками в кожній фазі організовано пропуск відповідних пішохідних потоків.

Склад сигнальних груп та пішохідних потоків, що беруть участь у формуванні світлофорного циклу, наведено на рис. 3.3.

У першій фазі дозвіл на рух отримують транспортні потоки напрямків 1Н та 3Н, представлені потоками N_2, N_6, N_{10}, N_5 та N_9. Одночасно забезпечується пропуск пішохідних потоків $NП_3$ та $NП_4$ через відповідні

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

пішохідні переходи. Така організація руху дозволяє виключити конфлікти між транспортними та пішохідними потоками, що рухаються у межах даної фази.

У другій фазі дозвіл на рух надається транспортним потокам напрямків 2П та 4П, представленим потоками N_4, N_8, N_3 та N_{11}. Одночасно здійснюється пропуск пішохідних потоків $НП_1$ та $НП_5$. Прийняте посднання транспортних і пішохідних потоків забезпечує безпечне та ефективне використання пропускної спроможності перехрестя.

Після визначення складу сигнальних груп та прийняття двофазної схеми регулювання виконано розрахунок основних параметрів світлофорного циклу. Розрахунок здійснено відповідно до методики визначення параметрів світлофорного регулювання на основі потоків насичення, фазових коефіцієнтів та оптимальної тривалості циклу за методом Вебстера [8, 9]. При цьому враховано інтенсивність транспортних потоків на підходах до перехрестя, кількість смуг руху, прийняту схему двофазного розїзду, а також необхідність забезпечення безпечного пропуску пішохідних потоків.

Для кожної фази визначено розрахункові потоки насичення та фазові коефіцієнти, що характеризують рівень завантаження відповідних напрямків руху. Отримані значення дали змогу оцінити пропускну спроможність перехрестя та встановити мінімально необхідну тривалість світлофорного циклу. Оскільки на досліджуваному перехресті спостерігаються значні інтенсивності як транспортних, так і пішохідних потоків, під час вибору остаточних параметрів циклу додатково враховано вимоги щодо забезпечення безпечного переходу проїзної частини пішоходами, у тому числі представниками маломобільних груп населення.

Крім того, отримані розрахункові значення були перевірені шляхом моделювання організації дорожнього руху в програмному комплексі PTV Vissim, що дозволило уточнити тривалість окремих фаз та забезпечити безконфліктний пропуск транспортних і пішохідних потоків. За результатами розрахунків та моделювання прийнято цикл світлофорного регулювання

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

тривалістю 79 с, який забезпечує ефективне використання пропускної спроможності перехрестя та відповідає прогнозованим умовам руху. Результати розрахунку параметрів світлофорного регулювання наведено в табл. 3.2.

За результатами розрахунку отримано сумарний фазовий коефіцієнт $Y = 0{,}636$, що характеризує рівень завантаження перехрестя. Розрахунок за формулою Вебстера [8, 9] показав мінімально необхідну тривалість циклу 47 с, проте з урахуванням інтенсивності пішохідних потоків, необхідності забезпечення нормативного часу переходу проїзної частини та результатів моделювання в програмному комплексі PTV Vissim прийнято цикл світлофорного регулювання тривалістю 79 с. Така тривалість забезпечує безконфліктний пропуск транспортних і пішохідних потоків та відповідає прийнятій двофазній схемі організації дорожнього руху (рис. 3.4).

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку параметрів світлофорного регулювання

Показник	Перша фаза	Друга фаза
Дозволені транспортні потоки	N_2, N_6, N_{10}, N_3, N_9	N_4, N_8, N_5, N_{11}
Максимальна інтенсивність потоку, авт./год	918	1064
Потік насичення, авт./год	3116	3116
Фазовий коефіцієнт y_i	0,295	0,341
Тривалість зеленого сигналу, с	42	29
Тривалість жовтого сигналу, с	4	4
Пішохідні потоки	$НП_3$, $НП_4$	$НП_1$, $НП_2$
Загальні параметри циклу		

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Показник	Перша фаза	Друга фаза
Сумарний фазовий коефіцієнт Y	0,636	
Сума проміжних тактів L	8 с	
Мінімальна розрахункова тривалість циклу за методикою Вебстера [8, 9]	47 с	
Прийнята тривалість циклу	79 с	
Кількість фаз регулювання	2	

Циклограма (рис. 3.13) відображає послідовність роботи сигнальних груп протягом одного циклу регулювання та дозволяє оцінити узгодженість роботи транспортних і пішохідних фаз.

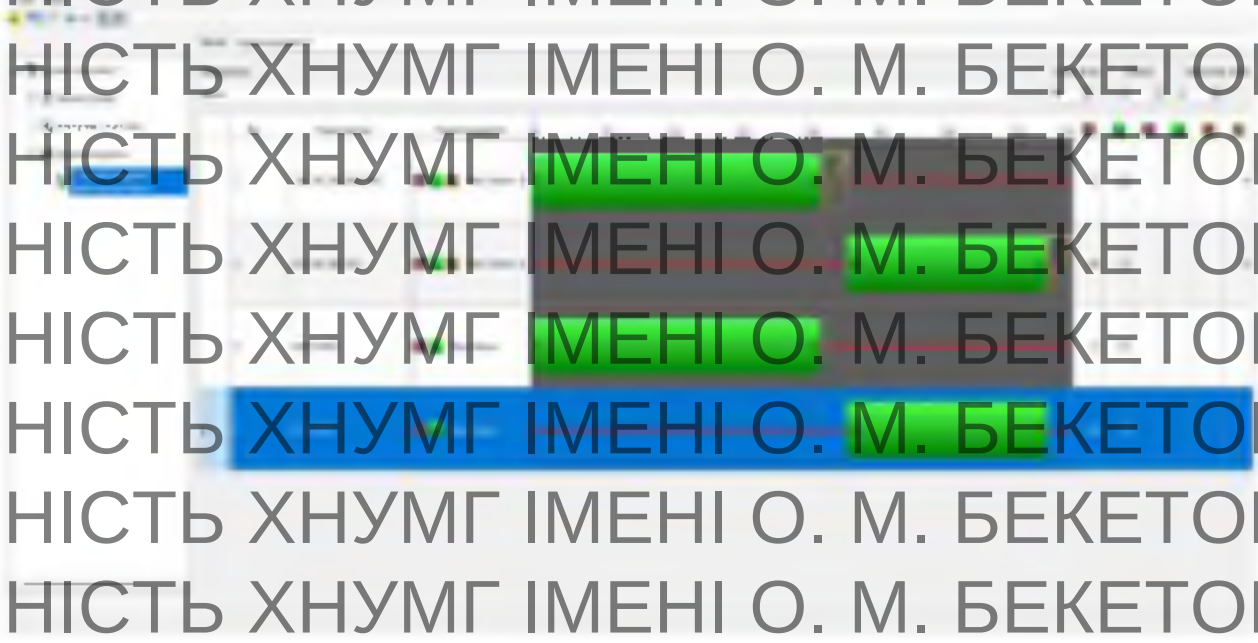

Рисунок 3.13 – Схема світлофорного циклу

Згідно зі сформованою циклограмою, у межах першої фази сигнальна група Signal group 1 та група пішохідних потоків Pedestrian 1 отримують дозвільний сигнал у часових інтервалах від 0 до 42 с циклу. У межах другої

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

фази сигнальна група Signal group 2 та група пішохідних потоків Pedestrian 2 отримують дозвільний сигнал у часовому інтервалі від 46 до 75 с. Перехід між фазами здійснюється через проміжні такти із жовтим сигналом тривалістю 4 с, що забезпечує безпечне завершення маневрів транспортними засобами та звільнення перехрестя перед початком наступної фази руху.

3.4. Висновки до розділу

1. Проведений аналіз вихідних даних показав, що сумарна інтенсивність транспортних потоків на досліджуваному перехресті обґрунтовує необхідність застосування світлофорного регулювання для забезпечення безпечної та ефективної організації дорожнього руху.

2. На основі розрахунку перспективних інтенсивностей руху з урахуванням коефіцієнта перспективності визначено необхідну кількість смуг руху на підходах до перехрестя. Встановлено доцільність влаштування двох смуг руху на найбільш завантажених підходах, що забезпечує необхідну пропускну спроможність транспортного вузла на перспективу.

3. Розроблено двофазну схему світлофорного регулювання та сформовано циклограму світлофорного циклу тривалістю 79 с. Запропонована організація руху забезпечує безконфліктний пропуск транспортних і пішохідних потоків та створює передумови для подальшого моделювання і оцінювання ефективності функціонування перехрестя в середовищі PTV Vissim.

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВИСНОВКИ

В першому розділі кваліфікаційної роботи досліджено сучасні напрями удосконалення міської пасажирської транспортної системи та встановлено, що ефективне управління повинно базуватись на комплексному поєднанні організаційних, планувальних, мотиваційних і контрольних функцій. Визначено, що сучасні тенденції розвитку міського пасажирського транспорту пов'язані з реалізацією пасажироорієнтованого підходу, концепції сталого розвитку, «15-хвилинного міста», розвитку мультимодальних перевезень та підвищення екологічності транспортної системи. Проаналізовано основні напрями інтеграції та цифровізації управління МПТ, зокрема впровадження інтелектуальних транспортних систем (ITS), GPS-моніторингу, електронного квитка, систем Account Based Ticketing (ABT), Mobility as a Service (MaaS) та технологій Big Data. Встановлено, що використання цифрових технологій і сучасних інформаційних платформ сприяє підвищенню регулярності руху, оптимізації маршрутної мережі, скороченню часу очікування транспорту та покращенню якості транспортного обслуговування населення.

В другому розділі роботи виконано прогнозування обсягів перевезень на маршруті на 2026. При прогнозуванні враховано сезонні коливання обсягів перевезень. Визначені основні показники перевезень за напрямками: обсяги перевезень, транспортна робота, коефіцієнти змінюваності, коефіцієнти використання місткості салону, продуктивність та собівартість перевезень. Визначено для місткості автобуса 130 пас. необхідну кількість транспортних засобів в годину-пік для здійснення перевезень. Кількість автобусів дорівнює 11 од. Для них побудовано графо-аналітичний графік з коефіцієнтом ефективності 0,958, складено розклад руху в табличній формі.

В третьому розділі проведений аналіз вихідних даних показав, що сумарна інтенсивність транспортних потоків на досліджуваному перехресті обґрунтовує необхідність застосування світлофорного регулювання для

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

забезпечення безпечної та ефективної організації дорожнього руху. На основі розрахунку перспективних інтенсивностей руху з урахуванням коефіцієнта перспективності визначено необхідну кількість смуг руху на підходах до перехрестя. Встановлено доцільність влаштування двох смуг руху на найбільш завантажених підходах, що забезпечує необхідну пропускну спроможність транспортного вузла на перспективу. Розроблено двофазну схему світлофорного регулювання та сформовано циклограму світлофорного циклу тривалістю 79 с. Запропонована організація руху забезпечує безконфліктний пропуск транспортних і пішохідних потоків та створює передумови для подальшого моделювання і оцінювання ефективності функціонування перехрестя в середовищі PTV Vissim.

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Вакуленко К. С. Управління міським пасажирським транспортом : навч. посібник / К. Є. Вакуленко, К. В. Доля ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 257 с.

2. Доля В. К. Пасажирські перевезення [підручник] / В. К. Доля. – Харків: «Вид-во «Форт», 2011. – 504 с.

3. Давіліч Ю. О. Параметри автотранспортних технологічних процесів при перевезенні пасажирів: навч. посібник / Ю. О. Давіліч, Є. І. Куш, М. В. Калюжний ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 275 с.

4. Account Based Ticketing (ABT) integration for seamless multi-modal transport systems in smart cities [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=1223135 (дата звернення: 28.05.2026).

5. Matsuyuki M. Modernization of Passenger Transportation Management / M. Matsuyuki, F. Nakamura // Urban Transportation Systems in Emerging Countries. CRC Press, 2024. Режим доступу: https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003467403-10/modernization-passenger-transportation-management-mihoko-matsuyuki-fumihiko-nakamura (дата звернення: 28.05.2026).

6. Trends in passenger transport optimisation [Електронний ресурс] // IEEE Xplore. Режим доступу: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/11095459 (дата звернення: 28.05.2026).

7. Smart mobility and digital transformation of transport systems [Електронний ресурс] // Springer. Режим доступу: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-60922-1_9 (дата звернення: 28.05.2026).

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

8. Степанов О. В. Метод Вебстера для розрахунку тривалості циклу світлофорного регулювання // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Транспортне машинобудування. 2024. URI: https://repository.kpi.kharkov.ua/bitstreams/109689e8-2457-4e4a-987c-1ef197ec99ec/download (дата звернення: 31.05.2026).

9. Прасоленко О. В. Автоматизовані системи управління дорожнім рухом : конспект лекцій. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2014. – 168 с. URI: https://eprints.kname.edu.ua/42473/1/%282014%20печ.%20168Л%20Конеп.%20лекц.%20АСУ-ДР%29.pdf (дата звернення: 31.05.2026).

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Результати прогнозування обсягів перевезень

Часова шкала	Значення за 2023-2025 роки	Прогноз	Нижня довірча межа	Верхня довірча межа
1	136.1			
2	174.0			
3	136.6			
4	153.3			
5	163.6			
6	164.8			
7	167.8			
8	166.1			
9	101.1			
10	139.6			
11	168.3			
12	169.9			
13	170.4			
14	162.5			
15	146.8			
16	141.7			
17	137.9			
18	168.8			
19	143.7			
20	149.1			
21	165.6			
22	165.5			
23	145.1			
24	169.8			
25	166.4			
26	148.7			
27	150.0			
28	170.7			
29	137.8			
30	148.0			
31	163.1			
32	156.1			
33	139.3			
34	174.5			
35	163.1			
36	149.0	149.0	149.0	149.0
37		145.9	112.6	179.2
38		154.6	120.3	189.0
39		137.1	101.7	172.4

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Продовження табл. А.1

Часова шкала	Значення за 2023-2025 роки	Прогноз	Нижня довірча межа	Верхня довірча межа
40		139.8	105.1	175.8
41		126.0	88.7	163.4
42		147.3	109.0	185.6
43		136.9	97.7	176.2
44		142.3	102.1	182.5
45		135.7	94.6	176.7
46		143.7	101.8	185.7
47		137.3	94.5	180.2
48		147.5	103.7	192.2

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 – Характеристики виконаних рейсів

Зупинний пункт	$Q_{ви}$, пас.	$Q_{в}$, пас	E_i, пас	l_i, км	W_i, пас · км,	Зупинний пункт	$Q_{в}$, пас.	$Q_{ви}$, пас	E_i, пас	l_i, км,	W_i, пас · км,
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Перший оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	23	0	23	0,655	15,1	1	24	0	0	0	0,0
2	29	3	49	0,683	33,5	2	24	3	24	0,655	15,7
3	28	3	74	0,601	44,5	3	34	9	45	0,683	30,7
4	26	3	97	0,653	63,3	4	34	9	70	0,601	42,1
5	25	3	119	0,684	81,4	5	28	21	95	0,653	62,0
6	15	17	117	0,664	77,7	6	22	21	102	0,684	69,8
7	15	18	114	0,663	75,6	7	17	20	103	0,664	68,4
8	12	16	110	0,633	69,6	8	17	20	100	0,663	66,3
9	9	17	102	0,618	63,0	9	15	23	97	0,633	61,4
10	7	24	85	0,616	52,4	10	13	20	89	0,618	55,0
11	6	26	65	0,686	44,6	11	13	22	82	0,616	50,5
12	6	21	50	0,674	33,7	12	8	23	73	0,686	50,1
13	5	19	36	0,603	21,7	13	7	23	58	0,674	39,1
14	4	19	21	0,634	13,3	14	7	24	42	0,603	25,3
15	0	21	0	0	0,0	15	0	25	25	0,634	15,9
Всього	***210***	***210***	-	***9,067***	***689,4***	***Всього***	***263***	***263***	-	***9,067***	***652,3***
$\bar{l}$, η, $\gamma_{с}$, $\gamma_{д}$		***3,28***	***2,77***	***0,584***	***0,585***	$\bar{l}$, η, $\gamma_{с}$, $\gamma_{д}$		***2,48***	***3,66***	***0,552***	***0,553***
Другий оберт											

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Зупинний пункт	$Q_{вi}$, пас.	$Q_{ві}$, пас.	E_i, пас.	l_i, км	W_i, пас · км.	Зупинний пункт	$Q_в$, пас.	$Q_{ві}$, пас.	E_i, пас.	l_i, км.	W_i, пас · км.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	24	0	24	0,655	15.7	1	23	0	0	0	0.0
2	32	10	46	0,683	31.4	2	22	9	23	0,655	15.1
3	31	11	66	0,601	39.7	3	22	10	36	0,683	24.6
4	27	14	79	0,653	51.6	4	25	12	48	0,601	28.8
5	27	15	91	0,684	62.2	5	23	14	61	0,653	39.8
6	26	21	96	0,664	63.7	6	23	16	70	0,684	47.9
7	24	21	99	0,663	65.6	7	23	18	77	0,664	51.1
8	21	23	97	0,633	61.4	8	21	20	82	0,663	54.4
9	18	24	91	0,618	56,2	9	19	21	83	0,633	52,5
10	16	24	83	0,616	51.1	10	18	22	84	0,618	50.1
11	15	25	73	0,686	50.1	11	13	22	77	0,616	47.4
12	8	25	56	0,674	37,7	12	6	25	68	0,686	46,6
13	4	19	41	0,603	24,7	13	5	23	49	0,674	33,0
14	4	22	23	0,634	14,6	14	3	20	31	0,603	18.7
15	0	23	0	0	0.0	15	0	14	14	0,634	8.9
Всього	***277***	***277***	-	***9,067***	***625,9***	***Всього***	***246***	***246***	-	***9,067***	***519,0***
$\bar{l}$, η, $\gamma_д$, $\gamma_ш$		***2,26***	***4,02***	***0,530***	***0,531***	$\bar{l}$, η, $\gamma_д$, $\gamma_ш$		***2,11***	***4,30***	***0,440***	***0.440***
Третій оборот											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	31	0	31	0,655	20,3	1	11	0	0	0	0.0
2	33	9	55	0,683	37.6	2	21	3	11	0,655	7,2
3	31	9	77	0,601	46,3	3	30	11	29	0,683	19.8
4	27	11	93	0,653	60.7	4	29	13	48	0,601	28.8
5	24	12	105	0,684	71,8	5	26	13	64	0,653	41.8

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Зупинний пункт	$Q_{пi}$, пас.	$Q_{вi}$, пас.	E_i, пас.	l_i, км	W_i, пас·км	Зупинний пункт	$Q_{пi}$, пас.	$Q_{вi}$, пас.	E_i, пас.	l_i, км	W_i, пас·км
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	22	13	114	0.664	75.7	6	23	17	77	0.684	52.7
7	17	14	117	0.663	77.6	7	16	19	83	0.664	55.1
8	14	14	117	0.633	74.1	8	14	21	80	0.663	53.0
9	12	19	110	0.618	68.0	9	10	18	73	0.633	46.2
10	7	19	98	0.616	60.4	10	9	13	65	0.618	40.2
11	5	24	79	0.686	54.2	11	6	14	61	0.616	37.6
12	4	24	59	0.674	39.8	12	5	15	53	0.686	36.4
13	3	20	42	0.603	25.3	13	1	15	43	0.674	29.0
14	3	22	23	0.634	14.6	14	1	16	29	0.603	17.5
15	0	23	0	0	0.0	15	0	14	14	0.634	8.9
Всього	***233***	***233***	-	***9,067***	***726,2***	***Всього***	***202***	***202***	-	***9,067***	***474,1***
$\bar{l}$, η, γ_c, γ_o		***3,12***	***2,91***	***0,615***	***0,616***	$\bar{l}$, η, γ_c, γ_o		***2,35***	***3,87***	***0,401***	***0,402***
Четвертий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	25	0	25	0.655	16.4	1	12	0	0	0	0.0
2	23	3	45	0.683	30.7	2	45	14	12	0.655	7.9
3	25	4	66	0.601	39.7	3	35	14	43	0.683	29.4
4	30	8	88	0.653	57.5	4	36	15	64	0.601	38.5
5	30	11	107	0.684	73.2	5	25	15	85	0.653	55.5
6	28	15	120	0.664	79.7	6	16	15	95	0.684	65.0
7	26	19	127	0.663	84.2	7	16	20	96	0.664	63.7
8	22	22	127	0.633	80.4	8	15	23	92	0.663	61.0
9	19	23	123	0.618	76.0	9	15	23	84	0.633	53.2
10	16	25	114	0.616	70.3	10	8	25	76	0.618	47.0
11	14	29	99	0.686	67.9	11	6	21	59	0.616	36.3

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Зупинний пункт	$Q_{пр}$, пас.	$Q_{зі}$, пас.	E_i, пас.	l_i, км	W_i, пас · км	Зупинний пункт	$Q_{пр}$, пас.	$Q_{зі}$, пас.	E_i, пас.	l_i, км.	W_i, пас · км.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
12	14	30	83	0.674	55.9	12	5	18	44	0.686	30.2
13	7	31	59	0.603	35.6	13	5	15	31	0.674	20.9
14	5	32	32	0.634	20.3	14	4	11	21	0.603	12.7
15	0	32	0	0	0.0	15	0	14	14	0.634	8.9
Всього	*284*	*284*	-	*9,067*	*787,7*	*Всього*	*248*	*243*	-	*9,067*	*530,0*
$\bar{l}$, п. γ_i, γ_o		*2,77*	*3.27*	*0,668*	*0,668*	*$\bar{l}$, п. γ_i, γ_o*		*2.18*	*4,18*	*0.448*	*0,450*
Пятий обєрт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	27	0	27	0.655	17.7	1	31	0	0	0	0.0
2	26	4	49	0,683	33,5	2	29	3	31	0,655	20,3
3	24	5	68	0.601	40.9	3	28	5	57	0.683	38.9
4	21	8	81	0.653	52.9	4	20	7	80	0.601	48.1
5	19	8	92	0.684	62.9	5	20	8	93	0.653	60.7
6	18	9	101	0,664	67,1	6	19	9	105	0,684	71,8
7	16	11	106	0.663	70.3	7	14	12	118	0.664	76.4
8	15	14	107	0,633	67.7	8	12	15	117	0.663	77.6
9	14	16	105	0.618	64.9	9	10	16	114	0.633	72.2
10	11	16	100	0.616	61.6	10	10	21	108	0.618	66.7
11	8	18	90	0.686	61.7	11	8	24	97	0.616	59.8
12	4	22	72	0.674	48.5	12	8	25	81	0.686	55.6
13	2	24	50	0.603	30.2	13	4	27	64	0.674	43.1
14	1	24	27	0.634	17.1	14	3	25	41	0.603	24.7
15	0	27	0	0	0.0	15	0	19	19	0.634	12.0
Всього	*206*	*206*	-	*9,067*	*696.9*	*Всього*	*216*	*216*	-	*9,067*	*727,9*
$\bar{l}$, п. γ_i, γ_o		*3,38*	*2,68*	*0,591*	*0,591*	*$\bar{l}$, п. γ_i, γ_o*		*3,37*	*2,70*	*0,616*	*0,618*

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Зупинний пункт	$Q_{пр}$, пас.	$Q_{зі}$, пас.	E_i, пас.	l_i, км	W_i, пас·км	Зупинний пункт	$Q_{пр}$, пас.	$Q_{зі}$, пас.	E_i, пас.	l_i, км.	W_i, пас·км.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Шостий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	21	0	21	0,655	13,8	1	36	0	0	0	0,0
2	19	7	33	0,683	22,5	2	31	10	36	0,655	23,6
3	30	7	56	0,601	33,7	3	31	15	57	0,683	38,9
4	27	11	72	0,653	47,0	4	30	16	73	0,601	43,9
5	27	13	86	0,684	58,8	5	27	17	87	0,653	56,8
6	25	15	96	0,664	63,7	6	25	20	97	0,684	66,3
7	24	19	101	0,663	67,0	7	21	20	102	0,664	67,7
8	17	20	98	0,633	62,0	8	18	23	103	0,663	68,3
9	17	20	95	0,618	58,7	9	16	25	98	0,633	62,0
10	16	22	89	0,616	54,8	10	9	29	89	0,618	55,0
11	13	23	79	0,686	54,2	11	9	29	69	0,616	42,5
12	10	25	64	0,674	43,1	12	6	23	49	0,686	33,6
13	6	26	44	0,603	26,5	13	5	12	32	0,674	21,6
14	3	23	24	0,634	15,2	14	4	14	25	0,603	15,1
15	0	24	0	0	0,0	15	0	15	15	0,634	9,5
Всього	***255***	***255***	-	***9,067***	***621,1***	***Всього***	***268***	***268***	-	***9,067***	***604,9***
$\bar{l}$, $\eta_{пр}$, $\gamma_{пр}$, $\gamma_{зі}$		***2,44***	***3,72***	***0,526***	***0,527***	$\bar{l}$, $\eta_{пр}$, $\gamma_{пр}$, $\gamma_{зі}$		***2,26***	***4,02***	***0,512***	***0,513***
Сьомий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	32	0	32	0,655	21,0	1	10	0	0	0	0,0
2	26	4	54	0,683	36,9	2	11	4	10	0,655	6,6
3	25	4	75	0,601	45,1	3	17	4	17	0,683	11,6
4	24	7	92	0,653	60,1	4	25	4	30	0,601	18,0

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Зупинний пункт	$Q_{пр}$, пас.	$Q_{зі}$, пас.	E_i, пас.	l_i, км	W_i, пас · км	Зупинний пункт	$Q_{пр}$, пас.	$Q_{зі}$, пас.	E_i, пас.	l_i, км.	W_i, пас · км.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	20	8	103	0.684	70.5	5	24	6	51	0.655	33.3
6	15	10	108	0.664	71.7	6	23	9	69	0.684	47.2
7	14	12	110	0.663	72.9	7	22	12	83	0.664	55.1
8	9	13	106	0.633	67.1	8	19	13	93	0.663	61.7
9	9	17	98	0.618	60.6	9	18	15	99	0.633	62.7
10	8	18	88	0.616	54.2	10	15	17	102	0.618	63.0
11	7	19	76	0.686	52.1	11	14	23	100	0.616	61.6
12	5	21	60	0.674	40.4	12	13	24	91	0.686	62.4
13	4	23	41	0.603	24.7	13	9	26	80	0.674	53.9
14	2	20	23	0.634	14.6	14	5	33	63	0.603	38.0
15	0	23	0	0	0.0	15	0	35	35	0.634	22.2
Всього	*200*	*200*	-	*9,067*	*691,8*	*Всього*	*225*	*225*	-	*9,067*	*597,3*
$\bar{l}$, η, γ_1, γ_2		*3,46*	*2.62*	*0,586*	*0,587*	$\bar{l}$, η, γ_1, γ_2		*2,65*	*3,42*	*0,505*	*0.507*
Восьмий оберт											
Прямий напрямок						Зворотній напрямок					
1	24	0	24	0.655	15.7	1	26	0	0	0	0.0
2	34	4	54	0.687	36.9	2	24	3	26	0.655	17.0
3	33	8	79	0.601	47.5	3	20	8	47	0.683	32.1
4	33	14	98	0.652	64.0	4	17	9	59	0.601	35.5
5	30	19	109	0.684	74.6	5	17	10	67	0.653	43.8
6	29	22	116	0.664	77.0	6	23	11	74	0.684	50.6
7	21	24	113	0.663	74.9	7	21	16	86	0.664	57.1
8	20	25	108	0.633	68.4	8	20	18	94	0.663	60.3
9	15	26	97	0.618	59.9	9	18	19	93	0.633	58.9
10	14	26	85	0.616	52.4	10	18	22	92	0.618	56.9

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Зупинний пункт	$Q_{пр}$, пас.	$Q_{зв}$, пас.	E_i, пас.	l_i, км	W_i, пас·км	Зупинний пункт	$Q_{пр}$, пас.	$Q_{зв}$, пас.	E_i, пас.	l_i, км.	W_i, пас·км.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11	12	27	70	0,686	48,0	11	17	24	88	0,616	54,2
12	5	19	54	0,674	36,4	12	9	25	81	0,686	55,6
13	2	18	38	0,603	22,9	13	7	29	65	0,674	43,8
14	2	19	21	0,634	13,3	14	4	23	43	0,603	25,9
15	0	21	0	0	0,0	15	0	24	24	0,634	15,2
Всього	***272***	***272***	-	***9,067***	***691,9***	***Всього***	***241***	***241***	-	***9,067***	***606,8***
$\bar{l}$, η, γ_0	*2,64*	*3,58*	*0,586*	*0,587*		$\bar{l}$, η, γ_0	*2,52*	*3,61*	*0,614*		*0,515*
Дев'ятий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	32	0	32	0,655	21,0	1	16	0	0	0	0,0
2	28	6	51	0,683	34,8	2	18	6	16	0,655	10,5
3	27	8	70	0,601	42,1	3	26	7	28	0,683	19,1
4	25	10	85	0,653	55,5	4	26	8	47	0,601	28,2
5	18	11	92	0,684	62,9	5	26	8	65	0,653	42,4
6	15	12	95	0,661	63,1	6	25	14	83	0,684	56,8
7	14	14	95	0,663	63,0	7	21	14	94	0,664	62,4
8	13	14	94	0,637	59,8	8	18	21	101	0,663	67,0
9	12	15	91	0,618	56,2	9	16	23	98	0,633	62,0
10	7	17	81	0,616	49,9	10	15	23	91	0,618	56,2
11	6	22	65	0,686	44,6	11	13	24	83	0,616	51,1
12	5	23	47	0,674	31,7	12	16	26	72	0,686	49,4
13	5	22	30	0,603	18,1	13	16	29	62	0,674	41,8
14	3	18	15	0,634	9,5	14	15	29	49	0,603	29,5
15	0	15	0	0	0,0	15	0	35	35	0,634	22,2
Всього	***210***	***210***	-	***9,067***	***611,9***	***Всього***	***267***	***267***	-	***9,067***	***598,8***

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Зупинний пункт	$Q_{пр}$, пас.	$Q_{зб}$, пас.	E_i, пас.	L_i, км	W_i, пас·км	Зупинний пункт	$Q_{пр}$, пас.	$Q_{зб}$, пас.	E_i, пас.	L_i, км.	W_i, пас·км.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\bar{l}$, η, γ_c, γ_d		***2,91***	***3,12***	***0,518***	***0,519***	$\bar{l}$, η, γ_c, γ_d		***2,24***	***4,05***	***0,508***	***0,508***
Десятий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	25	0	25	0,655	16,4	1	15	0	0	0	0,0
2	34	5	54	0,683	36,9	2	17	3	15	0,655	9,8
3	33	7	80	0,601	48,1	3	18	4	29	0,683	19,8
4	29	14	95	0,653	62,0	4	19	6	43	0,601	25,8
5	26	15	106	0,684	72,5	5	20	7	56	0,653	36,6
6	21	17	110	0,664	73,0	6	25	8	69	0,684	47,2
7	20	27	103	0,663	68,3	7	27	9	86	0,664	57,1
8	19	27	95	0,633	60,1	8	15	14	104	0,663	69,0
9	17	28	84	0,618	51,9	9	13	15	105	0,633	66,5
10	16	29	71	0,616	43,7	10	13	17	103	0,618	63,7
11	12	24	59	0,686	40,5	11	10	17	99	0,616	61,0
12	11	23	47	0,674	31,7	12	8	24	92	0,686	63,1
13	11	23	35	0,603	21,1	13	8	29	76	0,674	51,2
14	11	23	23	0,634	14,6	14	7	30	55	0,603	33,2
15	0	23	0	0	0,0	15	0	32	32	0,634	20,3
Всього	***285***	***285***	-	***9,067***	***640,8***	***Всього***	***215***	***215***	-	***9,067***	***624,2***
$\bar{l}$, η, γ_c, γ_d		***2,25***	***4,04***	***0,542***	***0,544***	$\bar{l}$, η, γ_c, γ_d		***2,90***	***3,13***	***0,530***	***0,530***
Одинадцятий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	24	0	24	0,655	15,7	1	6	0	0	0	0,0
2	24	1	47	0,683	32,1	2	16	2	6	0,655	3,9
3	19	3	63	0,601	37,9	3	16	3	20	0,683	13,7

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Зупинний пункт	$Q_{вх}$, пас.	$Q_{зі}$, пас.	F_i, пас.	l_i, км	W_i, пас·км	Зупинний пункт	$Q_{вх}$, пас.	$Q_{зі}$, пас.	F_i, пас.	l_i, км.	W_i, пас·км.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	20	4	79	0,653	51,6	4	14	4	33	0,601	19,8
5	24	6	97	0,684	66,3	5	17	4	43	0,653	28,1
6	22	9	110	0,664	73,0	6	13	16	56	0,684	38,3
7	21	11	120	0,663	79,6	7	20	17	53	0,664	35,2
8	19	18	121	0,633	76,6	8	11	19	56	0,663	37,1
9	17	20	118	0,618	72,9	9	18	10	48	0,633	30,4
10	15	21	112	0,616	69,0	10	17	10	56	0,618	34,6
11	9	24	97	0,686	66,5	11	15	13	63	0,616	38,8
12	9	25	81	0,674	54,6	12	10	14	65	0,686	44,6
13	6	26	61	0,603	36,8	13	9	16	61	0,674	41,1
14	4	32	33	0,634	20,9	14	8	28	54	0,603	32,6
15	0	33	0	0	0,0	15	0	34	34	0,634	21,6
Всього	***233***	***233***	-	***9,067***	***753,6***	***Всього***	***190***	***190***	-	***9,067***	***419,7***
$\bar{l}$, η, γ_c, γ_o		***3,23***	***2,81***	***0,639***	***0,639***	$\bar{l}$, η, γ_c, γ_o		***2,21***	***4,10***	***0,356***	***0,356***
Дванадцятий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	23	0	23	0,655	15,1	1	10	0	0	0	0,0
2	33	2	54	0,683	36,9	2	25	2	10	0,655	6,6
3	27	6	75	0,601	45,1	3	18	3	33	0,683	22,5
4	26	7	94	0,653	61,4	4	16	6	48	0,601	28,8
5	24	8	110	0,684	75,2	5	14	9	58	0,653	37,9
6	23	11	122	0,664	81,0	6	13	14	63	0,684	43,1
7	22	12	132	0,663	87,5	7	12	16	62	0,664	41,2
8	21	19	134	0,633	84,8	8	8	16	58	0,663	38,5
9	19	21	132	0,618	81,6	9	7	16	50	0,633	31,7

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Зупинний пункт	$Q_{пi}$, пас.	$Q_{вi}$, пас.	E_i, пас.	l_i, км	W_i, пас · км	Зупинний пункт	$Q_{пi}$, пас.	$Q_{вi}$, пас.	E_i, пас.	l_i, км	W_i, пас · км
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10	18	27	123	0,616	75,8	10	7	16	41	0,618	25,3
11	11	28	106	0,686	72,7	11	7	17	32	0,616	19,7
12	6	31	81	0,674	54,6	12	6	12	22	0,686	15,1
13	5	32	54	0,603	32,6	13	5	10	16	0,674	10,8
14	3	32	25	0,634	15,9	14	1	8	11	0,603	6,6
15	0	25	0	0	0,0	15	0	4	4	0,634	2,5
Всього	***261***	***261***	-	***9,067***	***820,1***	***Всього***	***149***	***149***	-	***9,067***	***330,3***
$\bar{l}$, η, $\gamma_с$, $\gamma_о$		***3,14***	***2,89***	***0,695***	***0,696***	$\bar{l}$, η, $\gamma_с$, $\gamma_о$		***2,22***	***4,10***	***0,279***	***0,280***
Тринадцятий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	34	0	34	0,655	22,3	1	7	0	0	0	0,0
2	30	6	58	0,683	39,6	2	8	9	7	0,655	4,6
3	23	10	71	0,601	42,7	3	7	10	6	0,683	4,1
4	23	11	83	0,653	54,2	4	16	10	3	0,601	1,8
5	22	11	94	0,684	64,3	5	17	14	9	0,653	5,9
6	20	12	102	0,664	67,7	6	21	14	12	0,684	8,2
7	19	15	106	0,663	70,3	7	21	21	19	0,664	12,6
8	19	25	100	0,633	63,3	8	21	23	19	0,663	12,6
9	18	26	92	0,618	56,9	9	20	23	17	0,633	10,8
10	18	28	82	0,616	50,5	10	20	19	14	0,618	8,7
11	17	29	70	0,686	48,0	11	17	17	15	0,616	9,2
12	12	30	52	0,674	35,0	12	16	16	15	0,686	10,3
13	8	23	37	0,603	22,3	13	11	12	15	0,674	10,1
14	6	21	22	0,634	13,9	14	7	12	14	0,603	8,4
15	0	22	0	0	0,0	15	0	5	5	0,634	3,2

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Зупинний пункт	$Q_м$, пас.	$Q_{сі}$, пас.	$E_і$, пас.	$l_і$, км	$W_і$, пас·км	Зупинний пункт	$Q_м$, пас.	$Q_{сі}$, пас.	$E_і$, пас.	$l_і$, км.	$W_і$, пас·км.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Всього	***269***	***269***	-	***9,067***	***651,1***	***Всього***	***205***	***205***	-	***9,067***	***110,4***
$\bar{l}$, η, $\gamma_і$, $\gamma_б$		***2,42***	***3,75***	***0,551***	***0,552***	$\bar{l}$, η, $\gamma_і$, $\gamma_б$		***0,54***	***16,97***	***0,093***	***0,094***
Чотирнадцятий оборот											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	24	0	24	0,655	15,7	1	17	0	0	0	0,0
2	31	3	52	0,683	35,5	2	18	9	17	0,655	11,1
3	30	8	79	0,601	47,5	3	19	11	26	0,683	17,8
4	23	4	98	0,653	64,0	4	20	13	34	0,601	20,4
5	21	5	114	0,684	78,0	5	27	13	41	0,653	26,8
6	19	5	128	0,664	85,0	6	20	16	50	0,684	34,2
7	14	8	134	0,663	88,8	7	16	17	54	0,664	35,9
8	13	17	130	0,633	82,3	8	14	21	53	0,663	35,1
9	13	19	124	0,618	76,6	9	13	19	46	0,633	29,1
10	9	20	113	0,616	69,6	10	11	18	40	0,618	24,7
11	8	24	97	0,686	66,5	11	10	17	33	0,616	20,3
12	6	25	78	0,674	52,6	12	7	20	26	0,686	17,8
13	6	27	57	0,607	34,4	13	2	8	13	0,674	8,8
14	4	29	32	0,654	20,9	14	2	6	7	0,603	4,2
15	0	32	0	0	0,0	15	0	3	3	0,634	1,9
Всього	***221***	***221***	-	***9,067***	***816,8***	***Всього***	***191***	***191***	-	***9,067***	***288,2***
$\bar{l}$, η, $\gamma_і$, $\gamma_б$		***3,70***	***2,45***	***0,692***	***0,693***	$\bar{l}$, η, $\gamma_і$, $\gamma_б$		***1,51***	***6,03***	***0,248***	***0,244***