

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 5583 пасажирів**

Виконала: студентка 4 курсу, групи ТТ 2022-2

спеціальності 275 «Транспортні технології»,

освітньої програми «Транспортні технології

(міський транспорт)»

Ковальчук Т. Ю.

Керівник: Вакуленко К. С.

Рецензент: Колитков Д. М.

Харків – 2026 року

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

ІННІ Енергетичної, інформаційної та транспортної інфраструктури
Кафедра Транспортних систем і логістики

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр

Спеціальність 275 «Транспортні технології (за видами)»

студентства

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

проф. Куш Є. І.

20.26 рік

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ**

Ковальчук Тетяні Юріївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Проектування організації перевезень на
міському автобусному маршруті з добовим обсягом перевезень 5583
пасажира

керівник роботи доц. Вакуленко К. Є., к. т. н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

Строк подання студентом проєкту (роботи) 10 червня 2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) тенденція зміни обсягів перевезень за
період 2023-2025 рр., параметри маршруту, пасажиропотоки на маршруті,
інтенсивності руху на перехресті.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити) Вступ. Дослідження теоретичних положень. Проектування
процесу перевезень пасажирів на маршруті міського пасажирського
транспорту. Організація дорожнього руху на перехресті маршруту
перевезення пасажирів. 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 видав	завдання прийняв
Литовченко	інж. каф. ТС і ПТолдирєв І. О.		

7. Дата видачі завдання 01.04.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Дослідження теоретичних положень	01.04 - 15.04.26	
2	Проектування процесу перевезень пасажирів на маршруті міського пасажирського транспорту.	16.04-15.06.26	
3	Організація дорожнього руху на перехресті маршруту перевезення пасажирів	16.05-31.05.26	
4	Оформлення пояснювальної записки	01.06-10.06.26	

Студентка

Ковальчук Т. Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Вакуленко К. С.

(прізвище та ініціали)

Додаток
до завдання на кваліфікаційну роботу студентів гр. ТТ-2022-2
Ковальчук Тетяна Оріївна

Таблиця 1 – Пасажиروобмін зупинок маршруту

Прямий напрямок			Зворотній напрямок		
Номер зупинки	Пасажиروобмін, пас.		Номер зупинки	Пасажирообмін, пас.	
	$Q_{\text{п}}$	$Q_{\text{н}}$		$Q_{\text{в}}$	$Q_{\text{к}}$
1	520	0	1	445	0
2	492	85	2	426	84
3	462	135	3	401	111
4	434	191	4	382	154
5	398	226	5	358	186
6	350	244	6	345	218
7	312	260	7	348	259
8	283	309	8	324	295
9	250	346	9	300	310
10	223	355	10	253	346
11	184	382	11	218	372
12	147	395	12	192	412
13	103	411	13	134	458
14	58	428	14	94	503
15	0	449	15	0	512
16	0	449	16	0	512
Разом	2542	2542	Разом	3041	3041

Таблиця 2 – Годинний розподіл пасажиропотоків

Година доби	Пасажиро-потік, пас.	Година доби	Пасажиро-потік, пас.	Година доби	Пасажиро-потік, пас.
5 ⁰⁰ -6 ⁰⁰	334	11 ⁰⁰ -12 ⁰⁰	223	17 ⁰⁰ -18 ⁰⁰	1003
6 ⁰⁰ -7 ⁰⁰	891	12 ⁰⁰ -13 ⁰⁰	334	18 ⁰⁰ -19 ⁰⁰	668
7 ⁰⁰ -8 ⁰⁰	1114	13 ⁰⁰ -14 ⁰⁰	557	19 ⁰⁰ -20 ⁰⁰	557
8 ⁰⁰ -9 ⁰⁰	891	14 ⁰⁰ -15 ⁰⁰	668	20 ⁰⁰ -21 ⁰⁰	334
9 ⁰⁰ -10 ⁰⁰	557	15 ⁰⁰ -16 ⁰⁰	668	21 ⁰⁰ -22 ⁰⁰	223
10 ⁰⁰ -11 ⁰⁰	334	16 ⁰⁰ -17 ⁰⁰	891	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰	111

Таблиця 3 – Тенденція зміни обсягу перевезень

Місяць року	Обсяги перевезення пасажирів по роках, тис.пас.		
	2023	2024	2025
Січень	100,1	109,3	110,3
Лютий	147,9	102,6	143,1
Березень	121,3	149,3	119,7
Квітень	136,9	106,7	147,2
Травень	107,7	103,7	140,7
Червень	145,1	105,1	129,7
Липень	141,1	103,4	144,3
Серпень	131,7	108,6	119,1
Вересень	149,2	104,9	137,0
Жовтень	105,5	151,6	124,3
Листопад	109,4	141,0	106,9
Грудень	153,2	100,5	108,8
Всього	1552,2	1386,6	1521,4

Таблиця 4 – Характеристики маршруту

Параметр	Значення
Довжина перегонів маршруту, км.	0,456; 0,636; 0,605; 0,566; 0,638; 0,577; 0,546; 0,619; 0,522; 0,569; 0,490; 0,630; 0,534; 0,460; 0,654
Місткість транспортного засобу, од., пас.	100
Експлуатаційна швидкість на маршруті, км/год	20
Кількість обертів за добу, од.	12
Дефіцит транспортних засобів на маршруті	10

Рисунок 2 – Схема перехрестя з інтенсивностями руху та розміщення технічних засобів на перехресті

Таблиця 5 – Характеристики руху на перехресті

Параметр	Значення
Інтенсивність транспортних потоків, авті/год	$N_1=1200; N_2=900; N_3=935; N_4=1152;$ $N_5=44; N_6=88; N_7=47; N_8=148;$ $N_9=279; N_{10}=288; N_{11}=141; N_{12}=148$
Інтенсивність пішохідних потоків, піш/год	$N_{11}=320; N_{12}=205; N_{13}=165; N_{14}=111$

Студентка

Ковальчук Т. Ю.

Керівник роботи

Вакуленко К. С.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: аркушів 70, рисунків 34, таблиць 5, джерел 7, додатків 2.

Об'єкт дослідження: перевезення пасажирів на маршруті.

Мета роботи: проектування організації перевезень на міському автобусному маршруті.

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

Отримані результати: проведено аналіз показників якості транспортного обслуговування пасажирів, зокрема комфортності, швидкості, своєчасності, безпеки та інформаційного забезпечення перевезень. Виконано прогнозування обсягів пасажирських перевезень на 2026 рік з урахуванням сезонних коливань пасажиропотоків. Визначено основні техніко-експлуатаційні показники роботи автобусного маршруту та розроблено розклад руху для 10 транспортних засобів при часі обороту 51 хв. У програмному середовищі PTV-Vissim створено імітаційну модель перехрестя, налаштовано транспортні та пішохідні потоки, розроблено пофазну схему організації дорожнього руху. За результатами моделювання сформовано трифазний світлофорний цикл тривалістю 107 с, який забезпечує безпечний і ефективний пропуск транспортних та пішохідних потоків. Результати дослідження можуть бути використані під час удосконалення організації перевезень та оптимізації ефективності функціонування аксіотичних міських маршрутів.

ПАСАЖИРСЬКІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ, ПАСАЖИРОПОТОК, РОЗКЛАД РУХУ,
СВІТЛОФОРНЕ РЕГУЛЮВАННЯ, ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ПОЛОЖЕНЬ	9
1.1. Розгляд підходів щодо підвищення якості організації перевезень пасажирів в містах	9
1.2. Характеристика концепції «15-хвилинне місто»	12
1.3. Висновки по розділу	15
РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ НА МАРШРУТІ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ	16
2.1. Прогнозування обсягів перевезень	16
2.2. Визначення показників поровзень пасажирів	17
2.3. Визначення кількості транспортних засобів для роботи на маршруті	27
2.4. Складання графіка роботи водіїв і транспортних засобів на маршруті	31
2.5. Висновки по розділу	32
РОЗДІЛ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ МАРШРУТУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ	37
3.1. Характеристика руху на перехресті	37
3.2. Формування вихідних даних у PTV Vissim	39
3.3. Розробка пофазного роз'їзду у PTV Vissim	49
3.4. Формування світлофорного циклу у просторі PTV Vissim	50
3.5. Висновки по розділу	54
ВИСНОВКИ	56
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	58
ДОДАТОК А	59
ДОДАТОК Б	61

ІНЖЕНЕР ТСУ ТТ 2022-2 ТТ XXV ХПЗ

Дан.	Арх.	Арх.конт.	Підпис	Датум
Розроб.		Ковалюк Т. Ю.		
Перевір.		Іванченко К. С.		
Н. Констр.		Бурко А. І.		
Контроль.		Бурко А. І.		

Пояснювальна записка

Лист	Арх.	Ілюстрація
к	р	д
1	1	1

ХНУМГ

ВСТУП

Міський пасажирський транспорт є важливою складовою функціонування сучасного міста та забезпечення мобільності населення. Ефективна організація перевезень сприяє підвищенню рівня транспортного обслуговування населення, скороченню витрат часу на пересування, зниженню транспортного навантаження на вулично-дорожню мережу та покращенню екологічного стану міського середовища. Крім того, раціональна робота громадського транспорту дозволяє підвищити безпеку дорожнього руху та забезпечити економічну ефективність діяльності транспортних підприємств.

Якість надання транспортних послуг повинна відповідати сучасним вимогам до пасажирських перевезень та забезпечувати комфортність, регулярність і доступність пересування населення. Проте в умовах зростання транспортного попиту та інтенсивності руху на міських маршрутах виникають проблеми, пов'язані з недостатньою ефективністю організації перевезень, нерівномірністю пасажиропотоків і складністю контролю якості транспортного обслуговування.

Мета роботи полягає у проектуванні організації перевезень пасажирів на міському автобусному маршруті з добовим обсягом перевезень 5583 пасажирів з урахуванням забезпечення ефективності функціонування маршруту та підвищення якості транспортного обслуговування населення.

Для досягнення поставленої мети в кваліфікаційній роботі вирішуються такі завдання:

дослідження теоретичних засад організації міських пасажирських автобусних перевезень та підходів до підвищення якості транспортного обслуговування;

прогнозування обсягів перевезень для міського автобусного маршруту;

РОЗДІЛ I ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ПОЛОЖЕНЬ

I.1. Розгляд підходів щодо підвищення якості організації перевезень пасажирів в містах

На ефективність функціонування міського пасажирського транспорту впливає значна кількість чинників, що визначають рівень якості транспортного обслуговування населення. Підвищення якості організації перевезень пасажирів у містах потребує комплексного підходу, який враховує особливості міського середовища, параметри транспортного попиту, організацію пересвізного процесу та умови експлуатації рухомого складу.

Основні підходи щодо підвищення якості організації перевезень пасажирів у містах наведено на рис. 1.1. Вони охоплюють містобудівні, організаційні та експлуатаційні аспекти, реалізація яких спрямована на забезпечення доступності, регулярності, безпеки та комфортності перевезень, а також підвищення ефективності роботи міських автобусних маршрутів.

Комплексне застосування представлених підходів (рис. 1.1) сприяє підвищенню регулярності руху транспортних засобів, скороченню часу поїздки та очікування, а також покращенню загальної якості перевезень. Реалізація відповідних заходів дозволяє ефективно використовувати транспортну інфраструктуру, оптимізувати роботу маршрутної мережі та створити більш комфортні й безпечні умови для пасажирів (рис. 1.2).

Експлуатаційні та організаційні підходи до удосконалення МПТ спрямовані на досягнення двох взаємопов'язаних, але частково суперечливих цілей: забезпечення соціальної ефективності та підвищення економічної результативності функціонування транспортних підприємств. З одного боку, організація перевезень повинна бути пасажироцентрованою: задоволення потреб населення шляхом забезпечення безпеки, доступності, регулярності та комфортності транспортного обслуговування. З іншого боку, функціонування міського пасажирського транспорту має враховувати економічні інтереси перевізників, ефективність використання ресурсів і конкурентоспроможність на ринку транспортних послуг.

Тому удосконалення організації пасажирських перевезень потребує пошуку балансу між соціальними та відомчими (економічними) цілями, що дозволить забезпечити належний рівень якості транспортного обслуговування населення та підвищити ефективність роботи маршрутної системи міста (рис. 1.3).



Рисунк 1.3 – Соціальні та відомчі цілі функціонування МПТ [2-4]

Аналіз підходів і заходів щодо удосконалення перевізного процесу показав, що ефективність роботи маршрутної системи міста значною мірою залежить від рівня організації руху, раціональності використання транспортних засобів (ІЗ) та орієнтації транспортного обслуговування на потреби пасажирів.

Водночас забезпечення належної якості перевезень повинно поєднувати соціальні та економічні інтереси учасників транспортного процесу. Реалізація пасажирорієнтованого підходу разом із підвищенням ефективності функціонування транспортних підприємств створює передумови для покращення доступності, безпеки, регулярності та комфортності перевезень, а також підвищення конкурентоспроможності міського пасажирського транспорту.

1.2. Характеристика концепції «15-хвилинне місто»

Якість транспортного обслуговування є одним із ключових показників ефективності функціонування МПТ та визначає рівень задоволеності потреб населення у перевезеннях. Сучасні умови функціонування транспортних систем міст потребують комплексного підходу до оцінювання якості перевезень, який враховує не лише технічні та експлуатаційні характеристики роботи транспорту, але й рівень доступності, надійності, результативності та комфортності транспортного обслуговування для пасажирів.

Оцінювання якості транспортного обслуговування дозволяє визначити ефективність організації перевізного процесу, виявити проблемні аспекти функціонування маршрутної мережі та сформулювати напрями її удосконалення. Основні складові, критерії та показники оцінювання якості транспортного обслуговування пасажирів наведено на рис. 1.4.

Якість транспортного обслуговування



Рисунок 1.4 – Показники якості транспортного обслуговування МПТ [2-4]

Система показників якості пасажирських перевезень охоплює інформаційне обслуговування, комфортність поїздки, пильність, і своєчасність перевезень, схоронність багажу та безпеку пасажирів. Кожна з

наведених груп показників відображає окремі аспекти організації перевізного процесу та дозволяє оцінити рівень якості транспортного обслуговування на міських маршрутах. Узагальнення основних груп показників якості послуг міського пасажирського транспорту та їх характеристик наведено на рис. 1.5.



Рисунок 1.5 – Групи показників якості МПТ [2-4]

Аналіз показників якості МПТ свідчить про необхідність застосування пасажироцентрованого підходу до організації перевезень, що передбачає забезпечення безпечних, комфортних, регулярних і доступних умов пересування населення. Використання системи показників якості створює основу для підвищення ефективності функціонування маршрутної мережі та покращення рівня транспортного обслуговування пасажирів у містах.

1.3. Висновки по розділу

1. Досліджено теоретичні підходи щодо підвищення якості організації перевезень пасажирів у містах та встановлено, що ефективність функціонування міського пасажирського транспорту залежить від комплексного врахування містобудівних, організаційних і експлуатаційних чинників. Визначено, що застосування пасажироцентрованого підходу сприяє підвищенню доступності, безпеки, регулярності та комфортності транспортного обслуговування населення.

2. Проаналізовано основні показники якості послуг міського пасажирського транспорту, зокрема показники інформаційного обслуговування, комфортності, швидкості, своєчасності та безпеки перевезень. Встановлено, що комплексне оцінювання зазначених показників дозволяє визначити рівень якості транспортного обслуговування, виявити недоліки організації перевізного процесу та сформулювати напрями удосконалення роботи міських автобусних маршрутів.

РОЗДІЛ 2

ПРОЕКТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ НА МАРШРУТІ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

2.1. Прогнозування обсягів перевезень

Питання прогнозування обсягів перевезень, так само і значень пасажиропотоків на маршрутах, є завданнями в умовах невизначеності. На ці значення впливає безліч чинників: містобудівельні чинники, показники транспортної забезпеченості населення, економічні чинники, погодні умови, тощо. Виконання прогнозування в кваліфікаційній роботі бакалавра має на меті підтвердження засвоєння навичок та вмінь майбутнього спеціаліста з управління на транспорті, з визначення обсягів перевезень задля планування діяльності транспортного підприємства з перевезень пасажирів. Представимо обсяги перевезень на маршруті на 2026 рік з урахуванням попередньої їх зміни в 2023-2025 рр. на рис. 2.1.

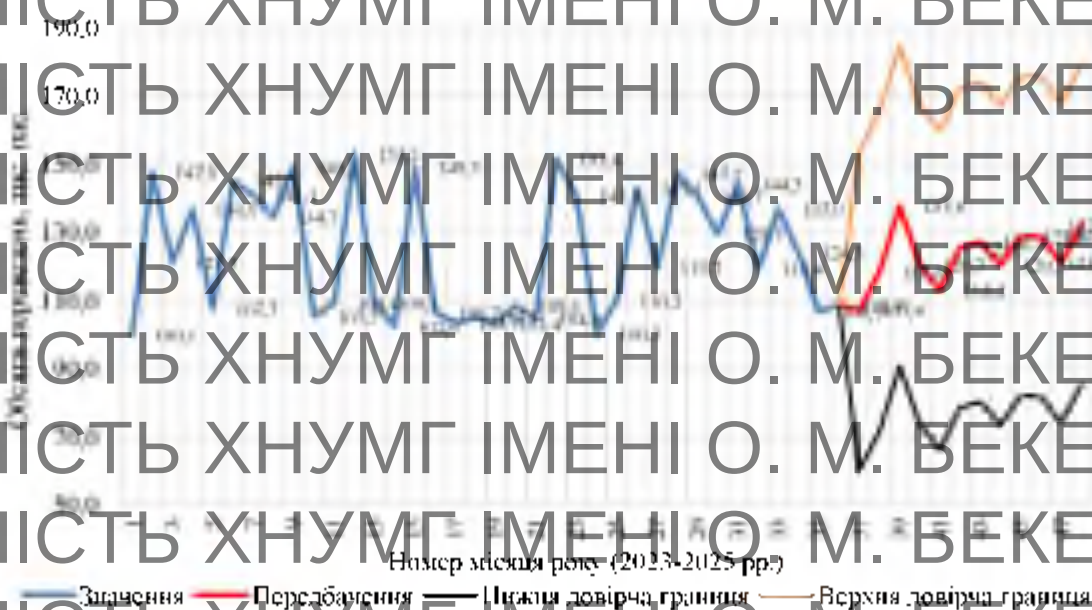


Рисунок 2.1 Прогнозовані значення обсягів перевезень

2.2 Визначення показників перевезень пасажирів

Оцінка технології процесу перевезень пасажирів засновується на визначенні показників, обсягу перевезень, транспортної роботи, середньої відстані поїдки пасажирів та інших. Обсяги перевезень визначаються за формулою [5]:

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_{\text{в}} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{з}} \quad (2.1)$$

де $\sum_{i=1}^n Q_{\text{в}}$ - сума пасажирів, що увійшли до салону транспортного засобу (завдання до ДП1);

$\sum_{i=1}^n Q_{\text{з}}$ - сума пасажирів, що вийшли з салону транспортного засобу (завдання до ДП1).

$$Q_{\text{в}} = 261 + 255 + 249 + 234 + 221 + 209 + 187 + 176 + \\ + 158 + 145 + 121 + 110 + 91 + 81 + 44 + 0 = 2542 \text{ пас.}$$

$$Q_{\text{з}} = 275 + 276 + 286 + 274 + 260 + 240 + 226 + 215 + \\ + 207 + 186 + 174 + 158 + 116 + 87 + 61 + 0 = 3041 \text{ пас.}$$

Добовий обсяг перевезень є простою сумою обсягів перевезень за напрямками транспортного засобу на маршруті [5]:

$$Q = 2542 + 3041 = 5583 \text{ пас./добу}$$

Кількість пасажирів в салоні транспортного засобу (пасажиропотік) на перегонах [5]:

$$F_i = q_{\text{скал}} + Q_{\text{в}} - Q_{\text{в}} \quad (2.2)$$

$q_{\text{скал}}$ – кількість пасажирів в салоні на попередньому перегоні маршрута, пас.;

$Q_{\text{в}}(Q_{\text{в}})$ – кількість пасажирів, які вийшли (вийшли) у (з) салону на зупинному пункті, пас. (вихідні дані до ДЦП).

Для руху ТЗ в прямому напрямку:

$$F_1 = 0 + 261 - 0 = 261 \text{ пас.}; \quad F_2 = 261 + 255 - 36 = 480 \text{ пас.};$$

$$F_3 = 480 + 249 - 55 = 674 \text{ пас.}; \quad F_4 = 674 + 234 - 81 = 827 \text{ пас.};$$

$$F_5 = 827 + 221 - 102 = 946 \text{ пас.}; \quad F_6 = 946 + 209 - 124 = 1031 \text{ пас.};$$

$$F_7 = 1031 + 187 - 143 = 1075 \text{ пас.}; \quad F_8 = 1075 + 176 - 165 = 1086 \text{ пас.};$$

$$F_9 = 1086 + 158 - 180 = 1064 \text{ пас.}; \quad F_{10} = 1064 + 145 - 193 = 1016 \text{ пас.};$$

$$F_{11} = 1016 + 121 - 212 = 925 \text{ пас.}; \quad F_{12} = 925 + 110 - 233 = 802 \text{ пас.};$$

$$F_{13} = 802 + 91 - 249 = 644 \text{ пас.}; \quad F_{14} = 644 + 81 - 253 = 472 \text{ пас.};$$

$$F_{15} = 472 + 44 - 248 = 268 \text{ пас.}$$

Для руху ТЗ в зворотному напрямку:

$$F_{15} = 0 + 281 - 0 = 281 \text{ пас.};$$

$$F_{14} = 281 + 309 - 61 = 529 \text{ пас.};$$

$$F_{13} = 529 - 297 - 87 = 739 \text{ пас.};$$

$$F_{12} = 739 - 274 - 116 = 897 \text{ пас.};$$

$$F_{11} = 897 + 248 - 158 = 987 \text{ пас.};$$

$$F_{10} = 987 - 239 - 174 = 1052 \text{ пас.};$$

$$F_9 = 1052 + 240 - 186 = 1106 \text{ пас.};$$

$$F_8 = 1106 + 215 - 207 = 1114 \text{ пас.};$$

$$F_7 = 1114 - 209 - 215 = 1108 \text{ пас.};$$

$$F_6 = 1108 - 190 - 226 = 1072 \text{ пас.};$$

$$F_5 = 1072 + 151 - 240 = 983 \text{ пас.};$$

$$F_4 = 983 - 123 - 260 = 846 \text{ пас.};$$

$$F_3 = 846 - 106 - 274 = 678 \text{ пас.};$$

$$F_2 = 678 + 92 - 286 = 484 \text{ пас.};$$

$$F_1 = 484 + 67 - 276 = 275 \text{ пас.}$$

Зводимо отримані результати в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 Пасажиropoтoкu на пepeгoнax мapшpyтy

Рух ТЗ в прямому напрямку		Рух ТЗ в зворотному напрямку	
Порядковий номер перегону	Пасажиropoтoк, пас.	Порядковий номер перегону	Пасажиropoтoк, пас.
1	261	3	275
2	480	2	484
3	674	3	678
4	827	4	846
5	946	5	983

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4
6	1031	6	1072
7	1075	7	1108
8	1086	8	1114
9	1064	9	1106
10	1016	10	1052
11	925	11	987
12	802	12	897
13	644	13	739
14	472	14	529
15	268	15	281

Значення табл. 2.1 використовуються для побудови епюр пасажиропотоків, що представлені на рис. 2.2.

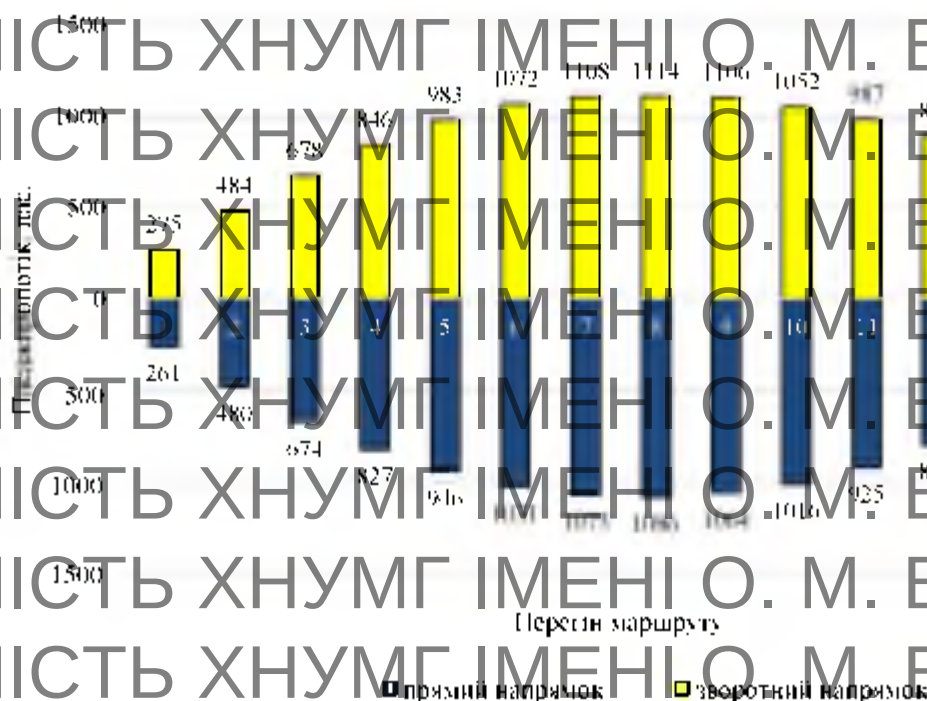


Рисунок 2.2 Епюри пасажиропотоків на маршруті

Визначасмо транспортну роботу [5]:

$$W = \sum_{i=1}^n F_i \cdot l_i, \quad (2.3)$$

де l_i – довжина i -го перегону маршруту, км.

Для руху ТЗ в прямому напрямку (рис. 2.3):

$$W_{\text{пр}} = 261 \cdot 0,456 + 480 \cdot 0,636 + 674 \cdot 0,605 + 827 \cdot 0,566 + 946 \cdot 0,638 + 1031 \cdot 0,577 + 1075 \cdot 0,546 + \\ + 1086 \cdot 0,619 + 1064 \cdot 0,522 + 1016 \cdot 0,569 + 925 \cdot 0,49 + 802 \cdot 0,634 + \\ + 644 \cdot 0,534 + 472 \cdot 0,46 + 268 \cdot 0,65 = 6586,08 \text{ пас} \cdot \text{км}.$$

Для руху ТЗ в зворотному напрямку (рис. 2.3):

$$W_{\text{зв}} = 275 \cdot 0,456 + 484 \cdot 0,636 + 678 \cdot 0,605 + 846 \cdot 0,566 + 983 \cdot 0,638 + 1072 \cdot 0,577 + 1108 \cdot 0,546 + \\ + 1114 \cdot 0,619 + 1106 \cdot 0,522 + 1052 \cdot 0,569 + 987 \cdot 0,49 + 897 \cdot 0,63 + 739 \cdot 0,534 + \\ + 529 \cdot 0,462 + 81 \cdot 0,654 = 6908,9 \text{ пас} \cdot \text{км}.$$

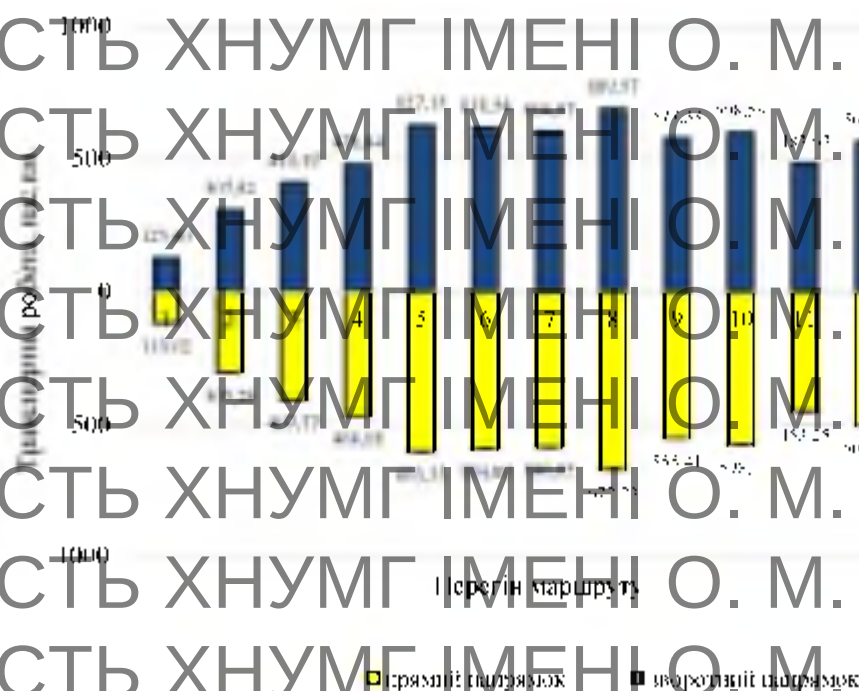


Рисунок 2.3 – Транспортна робота на перегонах маршруту

Середня дальність поїздки є функцією обсягу перевезень та транспортної роботи [5]:

$$L = \frac{W}{Q} \quad (2.4)$$

$$\bar{l}_{\text{пр}} = \frac{605,3}{236} = 2,56 \text{ км.}$$

Для інших рейсів даний показник визначається аналогічно.

Значення середньої дальності поїздки в прямому напрямку знайдемо як середньарифметичну величину середньої дальності поїздок всіх рейсів [5]:

$$\bar{l}_{\text{пр}} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{l}_i}{n} \quad (2.5)$$

де n – кількість рейсів в прямому (зворотньому) напрямку на маршруті, од.; ($n = 12$ од.).

$$\bar{l}_{\text{пр}} = \frac{2,8 + 3,05 + 2,39 + 2,41 + 1,92 + 2,6}{12} +$$

$$+ \frac{2,95 + 2,43 + 3,12 + 2,12 + 2,93 + 2,69}{12} = 2,62 \text{ км.},$$

$$\bar{l}_{\text{з}} = \frac{2,56 + 2,55 + 2,2 + 2,72 + 2,37 + 2,63}{12} +$$

$$+ \frac{2,7 + 1,74 + 2,38 + 1,7 + 1,94 + 2,17}{12} = 2,31 \text{ км.}$$

В середньому за всі оберти:

$$\bar{l}_{\text{ср}} = \frac{\bar{l}_{\text{ср}} + \bar{l}_{\text{ср}}}{2} = \frac{2,62 + 2,31}{2} = 2,47 \text{ км.}$$

Коефіцієнти використання місткості салону автобусу – статичний (γ_s) та динамічний (γ_d) характеризують ступінь заповнення салону 13 порейсово [5]:

$$\gamma_s = \frac{1}{q_n \cdot n} \cdot \sum_{i=1}^n F_{i,j} \quad (2.6)$$

де n – кількість перегонів маршруту, од. ($n=15$)

$F_{i,j}$ – пасажиропотоки на перегонах маршруту, пас./добу;

q_n – номінальна місткість автобусу (додаток до завдання), пас.
($q_n=100$ пас.)

$$\gamma_s = \frac{1}{100 \cdot 12} (27 + 53 + 67 + 80 + 84 + 90 + 97 + 97 + 95 + 88 + 84 + 76 + 61 + 43 + 23) = 0,710.$$

Для інших рейсів даний показник визначається аналогічно.

Середнє значення коефіцієнта статичного використання місткості за всі рейси розраховується як середньоарифметична величина [5]:

$$\gamma_s^{\text{ср}} = \frac{\sum \gamma_s}{n} \quad (2.7)$$

Для рейсів прямого напрямку:

$$\gamma_{\text{ср}}^{\text{пр}} = \frac{0,723 + 0,657 + 0,539 + 0,717 + 0,544 + 0,654}{12} + \frac{0,771 + 0,567 + 0,643 + 0,579 + 0,68 + 0,64}{12} = 0,643.$$

Для рейсів зворотного напрямку:

$$\gamma_{\text{ср}}^{\text{пр}} = \frac{0,711 + 0,645 + 0,721 + 0,735 + 0,661 + 0,695}{12} + \frac{0,731 + 0,595 + 0,701 + 0,573 + 0,635 + 0,699}{12} = 0,675.$$

В середньому за всі оберти:

$$\bar{\gamma}_{\text{ср}} = \frac{\gamma_{\text{ср}}^{\text{пр}} + \gamma_{\text{ср}}^{\text{пр}}}{2} = \frac{0,643 + 0,675}{2} = 0,659.$$

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{W}{L_{\text{м}} \cdot q_{\text{п}}} \quad (2.8)$$

де $L_{\text{м}}$ - довжина маршруту, км.

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{605,3}{8,502 \cdot 100} = 0,712.$$

Середнє значення коефіцієнта динамічного використання місткості за всі рейси розраховується як [5]:

$$y_{\text{ср}}^{\text{пр}} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i^{\text{пр}}}{n} \quad (2.9)$$

Для рейсів прямого напрямку:

$$y_{\text{ср}}^{\text{пр}} = \frac{0,725 + 0,659 + 0,539 + 0,719 + 0,548 + 0,66}{12} + \\ + \frac{0,775 + 0,571 + 0,649 + 0,581 + 0,683 + 0,639}{12} = 0,646.$$

Для рейсів зворотного напрямку [5]:

$$y_{\text{ср}}^{\text{пр}} = \frac{0,712 + 0,648 + 0,724 + 0,738 + 0,664 + 0,697}{12} + \\ + \frac{0,734 + 0,598 + 0,704 + 0,574 + 0,635 + 0,701}{12} = 0,677.$$

В середньому за всі оберти:

$$y_{\text{ср}} = \frac{y_{\text{ср}}^{\text{пр}} + y_{\text{ср}}^{\text{пр}}}{2} = \frac{0,646 + 0,677}{2} = 0,662.$$

Коефіцієнт змінюваності пасажирів визначається за наступним співвідношенням [5]:

$$\eta^{\text{пр}} = \frac{Q}{\varphi_{\text{пр}} \cdot y_{\text{ср}}}, \quad (2.10)$$

$$\eta^{(1)} = \frac{236}{100 \cdot 0,710} = 3,33$$

Середнє значення коефіцієнта змінюваності за всі рейси розраховується як середньоарифметична величина:

$$\eta^{(2)} = \frac{\sum \eta_i}{n} \quad (2.11)$$

Для рейсів прямого напрямку:

$$\eta^{(2)} = \frac{3,04 + 2,8 + 3,56 + 3,54 + 4,46 + 3,3 + 2,9 + 3,52 + 2,75 + 4,02 + 3,91 + 3,15}{12} = 3,33$$

Для рейсів зворотного напрямку:

$$\eta^{(2)} = \frac{3,33 + 3,35 + 3,88 + 3,14 + 3,6 + 3,24 + 3,16 + 4,91 + 3,59 + 5,01 + 4,38 + 3,93}{12} = 3,79$$

В середньому за всі оберти:

$$\eta = \frac{\eta^{(1)} + \eta^{(2)}}{2} = \frac{3,33 + 3,79}{2} = 3,56$$

Далі визначимо час обороту транспортних засобів на маршруті [5]:

$$t_{\text{об}} = \frac{2 \cdot L_{\text{м}}}{V_{\text{е}}}, \quad (2.12)$$

де $L_{\text{м}}$ — довжина маршруту, км.

$V_{\text{е}}$ — експлуатаційна швидкість руху на маршруті, км/год.

$$t_{\text{об}} = \frac{2 \cdot 8,502}{20} = 0,850 \text{ год.}$$

2.3 Визначення кількості транспортних засобів для роботи на маршруті

Формула визначення необхідної кількості транспортних засобів має вигляд [20]:

$$A_{\text{т.об}} = \frac{F_{\text{т.об}} \cdot t_{\text{об}}}{q_{\text{а}} \cdot \gamma}, \quad (2.13)$$

$t_{\text{об}}$ — час оборотного рейсу, год. ($t_{\text{об}} = 0,85 \text{ год.} = 51 \text{ хв.}$);

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

$q_{\text{а}}$ — номінальна місткість автобуса, пас. ($q_{\text{а}} = 100$).

Для першої години функціонування маршруту, тобто з 20⁰⁰ до 21⁰⁰ визначимо кількість автобусів [5]:

$$A_{\text{т.об}} = \frac{334 \cdot 0,85}{100 \cdot 1} = 3 \text{ од.}$$

Аналогічно проводимо розрахунок потрібної кількості автобусів для всіх годин доби, результати заносимо в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 Пасажиropотоки та потрібна кількість ТЗ на маршруті

Голина доби	Пасажиropотік $F_{i,j}$, пас/год.	Кількість транспортних засобів $A_{i,j}$, од.
5 ⁰⁰ -6 ⁰⁰	334	3
6 ⁰⁰ -7 ⁰⁰	891	8
7 ⁰⁰ -8 ⁰⁰	1114	10
8 ⁰⁰ -9 ⁰⁰	891	8
9 ⁰⁰ -10 ⁰⁰	557	5
10 ⁰⁰ -11 ⁰⁰	334	3
11 ⁰⁰ -12 ⁰⁰	223	2
12 ⁰⁰ -13 ⁰⁰	334	3
13 ⁰⁰ -14 ⁰⁰	557	5
14 ⁰⁰ -15 ⁰⁰	668	6
15 ⁰⁰ -16 ⁰⁰	668	6
16 ⁰⁰ -17 ⁰⁰	891	8
17 ⁰⁰ -18 ⁰⁰	1003	9
18 ⁰⁰ -19 ⁰⁰	668	6
19 ⁰⁰ -20 ⁰⁰	557	5
20 ⁰⁰ -21 ⁰⁰	334	3
21 ⁰⁰ -22 ⁰⁰	223	2
22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰	111	1

Представляємо розподіл пасажиропотоків та кількості автобусів на рис. 2.4 та 2.5.

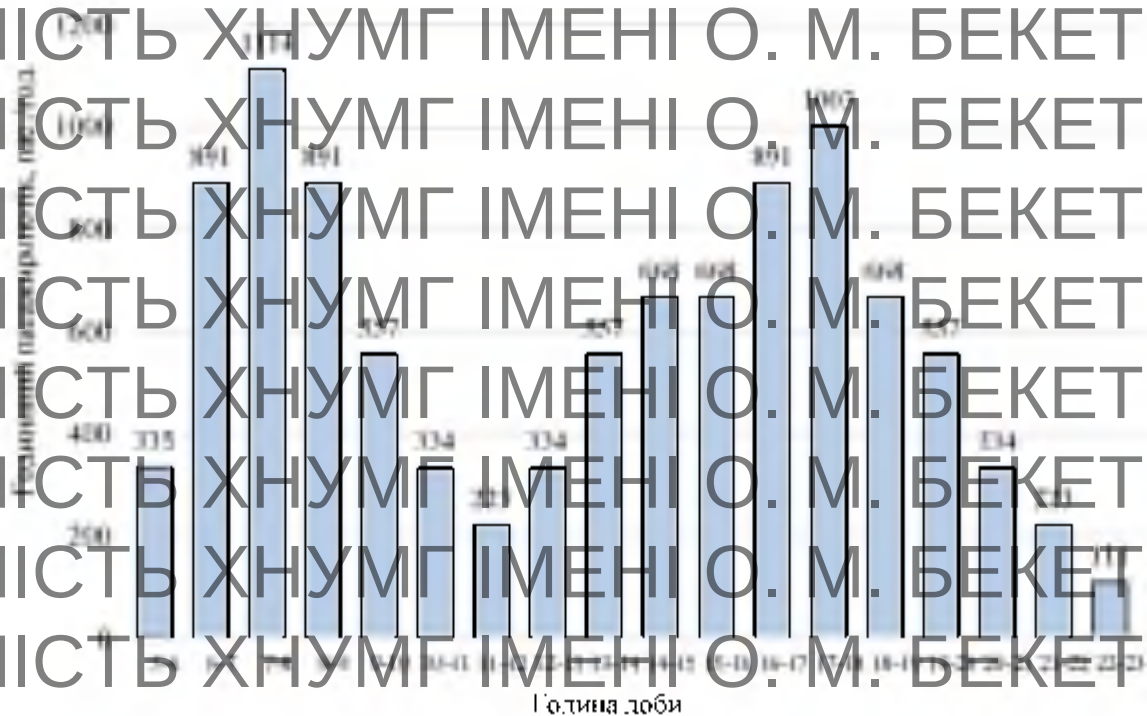


Рисунок 2.4 – Розподіл пасажиропотоків на маршруті

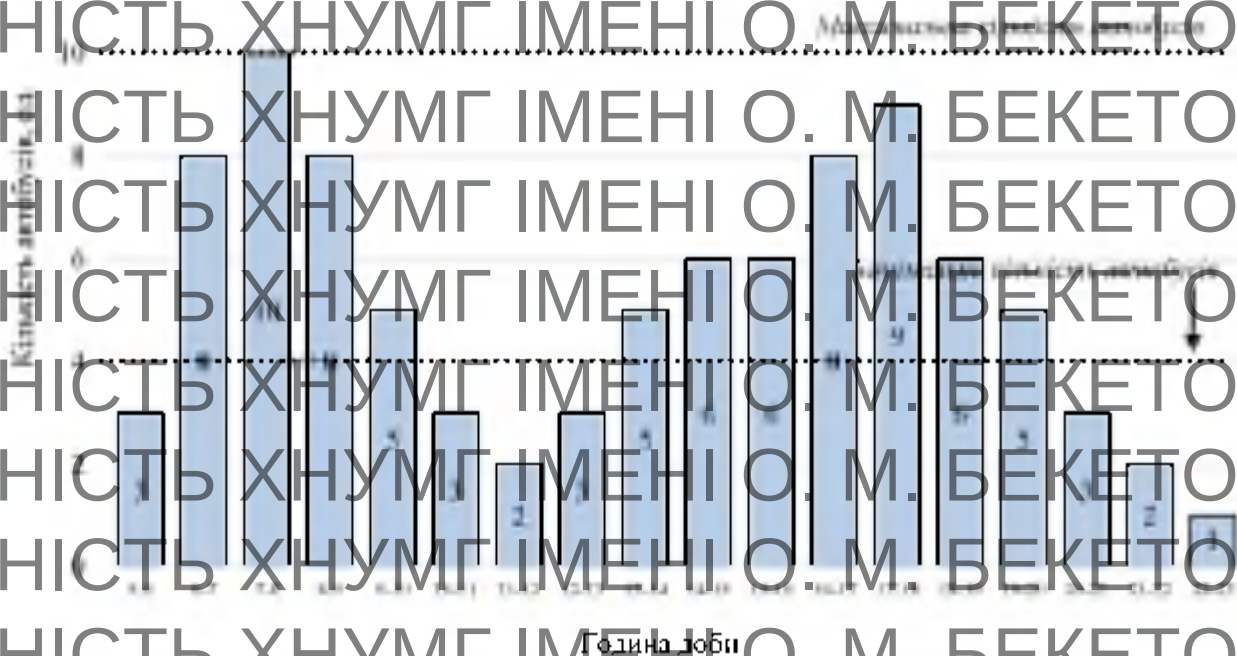


Рисунок 2.5 – Розподіл кількості автобусів на маршруті

Максимальна кількість автобусів визначається з урахуванням наявної кількості рухомого складу у перевізника:

$$A_{max} = A_{max} \cdot K_o, \quad (2.14)$$

де A_{max} – необхідна кількість автобусів в ліковий період, од.;

K_o – коефіцієнт дефіциту автобусів у перевізника.

$$A_{max} = 10 \cdot 1,0 = 10 \text{ од.}$$

Визначаємо мінімальну кількість автобусів, що повинні працювати на маршруті:

$$A_{min} = \frac{t_{ex}}{t_{max}}, \quad (2.15)$$

де t_{ex} – час оборотного рейсу;

t_{max} – максимально припустимий інтервал руху автобусу.

З урахуванням максимального інтервалу руху, що є прийнятним для пасажирів при очікуванні ТЗ визначимо:

$$A_{min} = \frac{51}{15} = 3,4 \approx 4 \text{ од.}$$

На основі того, що було визначено мінімально необхідну та максимально можливу кількість транспортних засобів для роботи на маршруті результати розрахунків табл. 2.2 коригуються з урахуванням залежностей (2.14 та 2.15), результати представлені в табл. 2.3

Таблиця 2.3 Необхідна кількість автобусів з урахуванням інтервалів та кількості транспортних засобів у перевізника

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

2.4 Складання графіка роботи водіїв і транспортних засобів на маршруті

Графік роботи автобусів та водіїв є відображенням прийнятих на маршруті режимів роботи. Прийнятими режимами роботи є перерваний та двозмінний. При двозмінному режимі роботи на одному автобусі працюють два водії, що змінюють один одного в середині робочих зміни. На відміну від цього, перерваний режим передбачає під час роботи наявності одного водія, який працює в період збільшення пасажиропотоку на маршруті та відпочиває під час зменшення пасажиропотоку.

Оцінка графіку роботи водіїв на маршруті вимагає оцінки отриманої побудови:

$$K_{\text{в}} = \frac{AF'_{\text{водіїв}}}{AF_{\text{автобусів}}} \quad (2.16)$$

де $AI_{\text{автоб}} -$ автомобіле - години потрібні;

$AI_{\text{автоб}} -$ автомобіле - години побудовані.

$$K_{\text{эф}} = \frac{104}{110} = 0,937.$$

На основі рис. 2.6. будується стрічковий графіку руху – рис. 2.7.

Після цього складається таблиця розкладу – табл. 2.4.



Рис. 2.6. Графік роботи водіїв на маршруті

2.5 Висновки по розділу

Проведене прогнозування обсягів перевезень на 2026 рік з урахуванням коливання пасажиропотоків протягом року. Виконання прогнозування в кваліфікаційній роботі бакалавра має на меті підтвердження засвоєння навичок та вмінь майбутнього спеціаліста з управління на транспорті, з визначення обсягів перевезень задля планування діяльності транспортного

D



Таблиця 2.4 – Розклад руху автобусів

Автобус 1		Автобус 2		Автобус 3		Автобус 4		Автобус 5	
05:12	05:38	05:00	05:25	05:38	06:03	05:25	05:51	06:02	06:27
06:19	06:44	06:13	06:39	06:36	07:01	06:30	06:56	06:57	07:22
07:12	07:38	07:07	07:33	07:27	07:53	07:22	07:48	07:52	08:17
08:11	08:36	08:04	08:30	8:18	11	08:12	11	08:54	09:20
09:01	11	08:55	11	09:35	10:00	09:25	09:50	09:55	10:21
11:09	11:35	10:57	11:22	10:26	10:51	10:16	10:41	10:46	11:12
12:00	12:26	11:48	12:13	11:35	12:00	11:22	11:48	11:57	В
12:59	13:24	12:39	13:04	12:26	12:51	12:13	12:39	16:08	16:33
13:55	14:21	13:38	14:04	13:19	13:45	13:09	13:35	16:59	17:25
14:46	зміна	14:29	зміна	14:10	зміна	14:00	зміна	17:50	18:16
14:46	15:12	14:40	15:05	14:12	14:38	14:04	14:29	18:46	19:11
15:37	16:03	15:31	15:56	15:05	15:31	14:59	15:24	19:36	К
16:33	16:59	16:28	16:54	15:56	16:22	15:50	16:15	-	-
17:28	17:53	17:22	17:47	16:48	17:14	16:43	17:09	-	-
18:19	18:44	18:13	18:38	17:39	18:04	17:34	18:00	-	-
19:09	11	19:03	11	18:29	11	18:25	11	-	-
19:39	20:05	19:27	19:52	19:06	19:32	18:56	19:21	-	-
20:30	20:56	20:18	20:43	20:05	20:30	19:52	20:18	-	-
21:21	21:47	21:09	21:34	20:56	21:21	20:43	21:09	-	-
22:12	К	21:59	К	21:47	22:12	21:34	22:00	-	-
-	-	-	-	22:37	К	22:25	К	-	-

Продовження табл. 2.4

Автобус 6		Автобус 7		Автобус 8		Автобус 9		Автобус 10	
06:25	06:50	05:51	06:16	05:56	06:22	06:42	07:07	06:68	06:33
07:17	07:43	06:47	07:12	06:52	07:17	07:33	07:58	07:02	07:27
08:17	08:43	07:39	08:04	07:45	08:11	08:24	08:49	07:58	08:24
09:08	В	08:34	08:59	08:44	09:09	09:15	09:40	09:04	09:30
13:30	13:55	09:45	10:11	09:34	В	10:06	10:31	09:55	В
14:33	14:59	10:36	11:02	14:27	14:52	10:56	В	12:49	13:14
15:24	15:50	11:27	В	15:18	15:43	14:21	14:46	13:47	14:12
16:23	16:48	16:03	16:28	16:18	16:43	15:12	15:37	14:52	15:18
17:16	17:42	16:54	17:19	17:11	17:36	16:13	16:38	15:43	16:09
18:07	18:33	17:45	18:10	18:02	18:27	17:05	17:30	16:38	17:04
18:58	К	18:36	19:01	19:16	19:42	17:56	18:21	17:29	К
-	-	19:26	К	20:07	К	18:46	К	-	-

РОЗДІЛ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ МАРШРУТУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ

3.1. Характеристика руху на перехресті

Досліджуване перехрестя є чотиристороннім регульованим транспортним вузлом, через який здійснюється рух транспортних та пішохідних потоків різної інтенсивності. Аналіз характеристик руху на перехресті є необхідним етапом при розробленні заходів з організації дорожнього руху, оскільки дозволяє визначити найбільш завантажені напрямки, оцінити рівень конфліктності транспортних і пішохідних потоків та обґрунтувати параметри світлофорного регулювання.

Вихідні дані для дослідження наведено на схемі перехрестя (рис. 3.1) та в табл. 3.1. Інтенсивність транспортних потоків на підходах до перехрестя характеризується значною нерівномірністю за напрямками руху.



Рисунок 3.1 – Схема перехрестя з інтенсивностями руху та розміщення технічних засобів на перехресті

Таблиця 3.1 Характеристика руху на перехресті

Параметр	Значення
Інтенсивність транспортних потоків, авт/год	$N_1=1200$; $N_2=900$; $N_3=935$; $N_4=1152$; $N_5=44$; $N_6=88$; $N_7=47$; $N_8=148$; $N_9=279$; $N_{10}=288$; $N_{11}=141$; $N_{12}=148$
Інтенсивність пішохідних потоків, піш/год	$N_{111}=320$; $N_{112}=205$; $N_{113}=165$; $N_{114}=111$

Сумарна інтенсивність транспортного руху через перехрестя становить:

$$N_{\Sigma} = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6 + N_7 + N_8 + N_9 + N_{10} + N_{11} + N_{12}, (3.1)$$

$$N_{\Sigma} = 5370 \text{ авт/год.}$$

Отже, загальна інтенсивність транспортних потоків на перехресті складас 5370 авт/год, що свідчить про високий рівень завантаження вузла.

Найбільші значення інтенсивності спостерігаються для потоків: $N_1 = 1200$ авт/год, $N_4 = 1152$ авт/год, $N_3 = 935$ авт/год, $N_2 = 900$ авт/год.

Зазначені напрямки формують основні транспортні потоки перехрестя та визначають його пропускну здатність. Їх сумарна інтенсивність становить:

$$N_{\text{осн}} = 1200 + 1152 + 935 + 900 = 4187 \text{ авт/год.}$$

Це близько 78 % від загального транспортного потоку. Це свідчить про наявність двох домінуючих транспортних напрямків, які потребують пріоритетного врахування під час розроблення схеми організації дорожнього руху та розрахунку режимів світлофорного регулювання.

Інтенсивність другорядних транспортних потоків є значно меншою та змінюється в межах від 44 до 288 авт/год.

Пішохідний рух на перехресті також має суттєве значення для організації дорожнього руху. Сумарна інтенсивність пішохідних потоків становить:

$$N_{\text{пз}} = N_{\text{п1}} + N_{\text{п2}} + N_{\text{п3}} + N_{\text{п4}} \quad (3.2)$$

$$N_{\text{пз}} = 320 + 205 + 165 + 111 = 801 \text{ піш./год.}$$

Таким чином, через пішохідні переходи перехрестя проходить 801 пішохід за годину, що свідчить про достатньо активний пішохідний рух.

Найбільша інтенсивність спостерігається на переході $N_{\text{п1}} = 320$ піш./год, що становить майже 40 % від загального пішохідного потоку.

Наявність значних транспортних та пішохідних потоків зумовлює необхідність застосування світлофорного регулювання для забезпечення безпеки дорожнього руху, зменшення кількості конфліктних точок та підвищення пропускної здатності перехрестя.

Отримані характеристики, наведені на рис. 3.2/1 є вихідною основою для подальшого розрахунку параметрів світлофорного регулювання та обґрунтування заходів з удосконалення організації дорожнього руху на перехресті.

3.2. Формування вихідних даних у PTV Vissim

На основі схеми організації дорожнього руху та визначених інтенсивностей транспортних потоків було сформовано імітаційну модель досліджуваного перехрестя у програмному середовищі PTV Vissim. Моделювання виконувалося з метою подальшого аналізу функціонування перехрестя та оцінки ефективності заходів з організації дорожнього руху.



Рисунок 3.2 Характеристика транспортних і пішохідних потоків на перехресті

Відповідно до заданих напрямків руху та значень інтенсивностей транспортних потоків для кожного маневру було сформовано маршрути руху транспортних засобів за допомогою мережевого об'єкта «Маршрути ТЗ» (Vehicle Routes). Застосування даного інструменту дозволяє задавати напрямки руху транспортних засобів через перехрестя та встановлювати необхідні значення інтенсивностей для кожного транспортного потоку.

За допомогою об'єкта мережі «Маршрути ТЗ» сформуємо вихідні транспортні потоки для кожного напрямку: вихідні транспортні потоки першого напрямку наведені на рис. 3.3 – 3.5; вихідні транспортні потоки другого напрямку наведені на рис. 3.6 – 3.8; вихідні транспортні потоки третього напрямку наведені на рис. 3.9 – 3.11; вихідні транспортні потоки четвертого напрямку наведені на рис. 3.12 – 3.14.

Таким чином, у моделі було відтворено всі транспортні потоки, що проходять через досліджуване перехрестя, із врахуванням фактичних значень

інтенсивностей руху. Сумарна інтенсивність транспортного потоку, введена до моделі, становить 5370 авт/год, що відповідає вихідним даним дослідження.

На наступному етапі моделювання за допомогою мережевого об'єкта «Пішохідні маршрути» (Pedestrian Routes) було сформовано маршрути руху пішоходів через усі пішохідні переходи перехрестя. Для кожного напрямку пішохідного руху були задані відповідні значення інтенсивностей:

$N_{п1}$ 220 піш/год, $N_{п2}$ 205 піш/год, $N_{п3}$ 165 піш/год та $N_{п4}$ 111 піш/год.

Результати налаштування пішохідних маршрутів наведені на рис. 3.15–3.18.

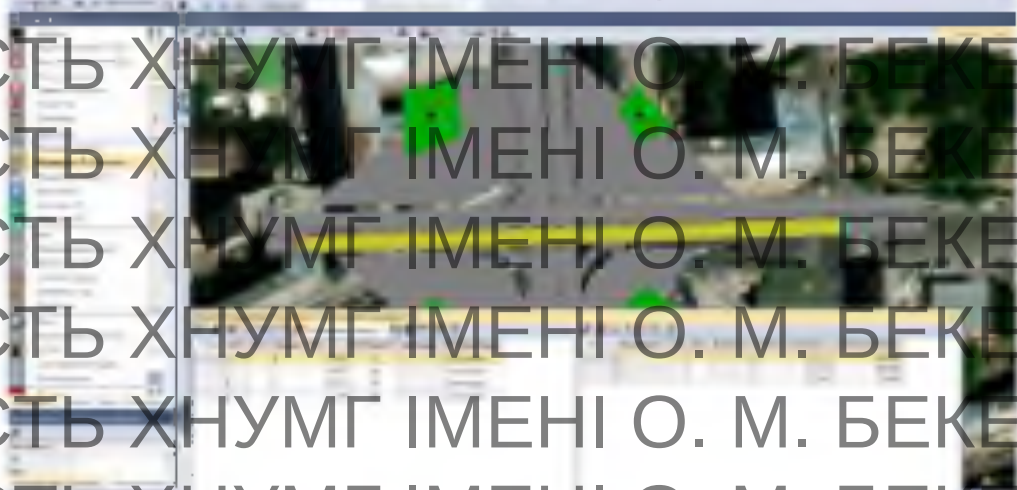


Рисунок 3.3 Транспортний потік N_2 напрямку 1 з інтенсивністю руху

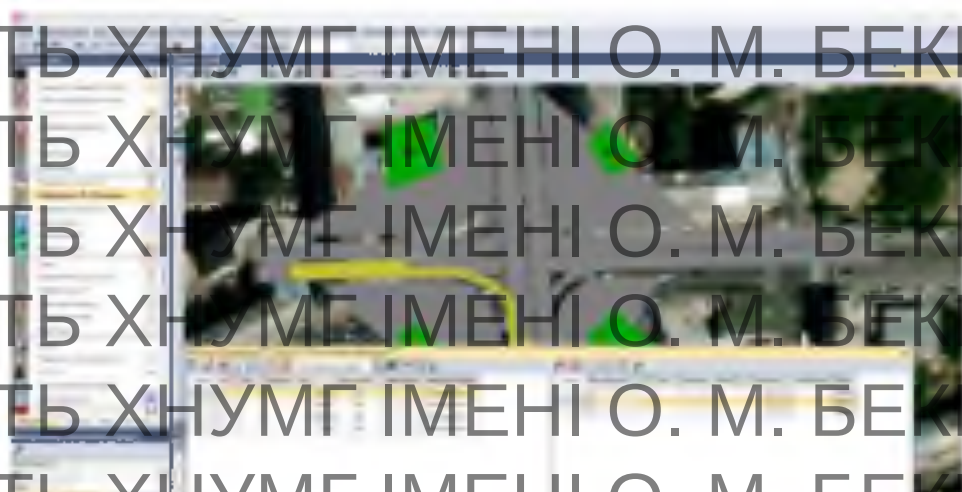


Рисунок 3.4 – Транспортний потік $N_{п1}$ напрямку 1 з інтенсивністю руху



Рисунок 3.5 Транспортний потік №1 напрямку І з інтенсивністю руху



Рисунок 3.6 – Транспортний потік №1 другого напрямку з інтенсивністю руху

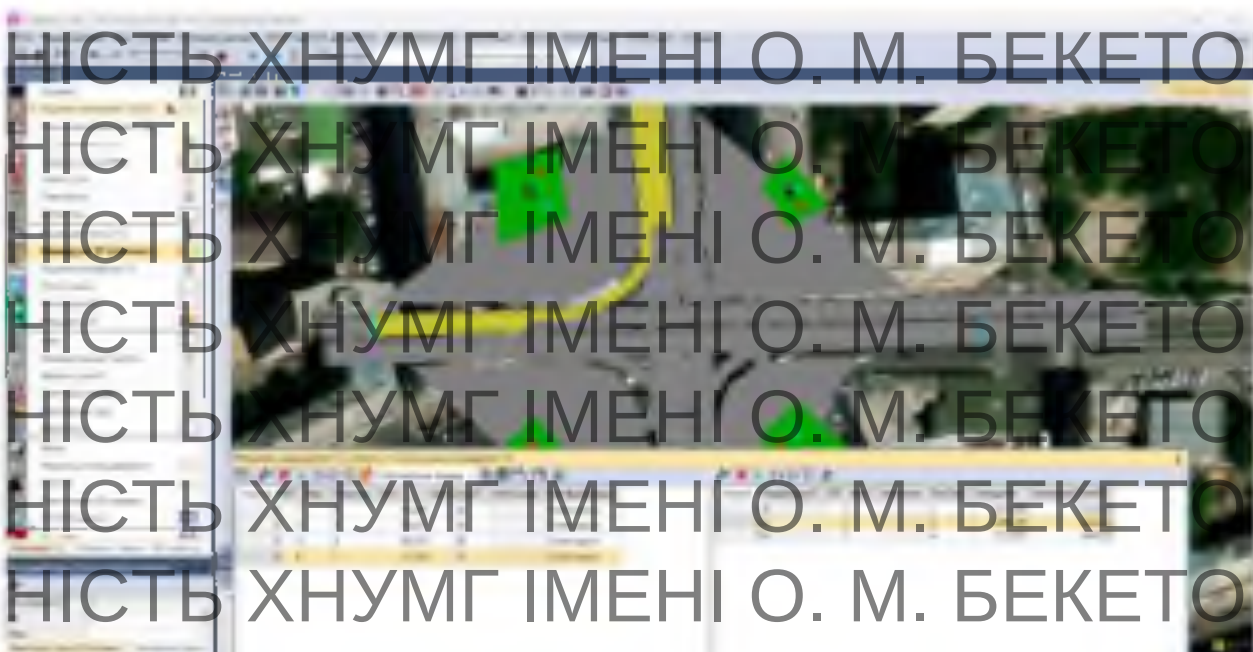


Рисунок 3.7 – Транспортний потік №2 другого напрямку з інтенсивністю руху

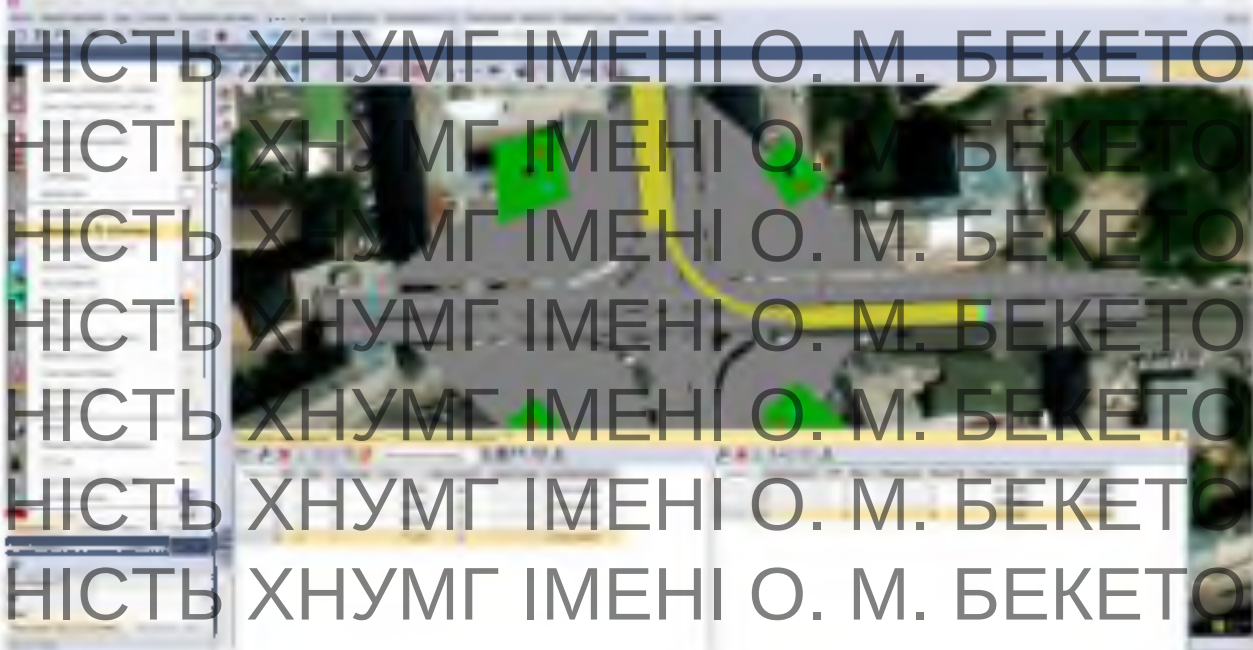


Рисунок 3.8 – Транспортний потік №2 другого напрямку з інтенсивністю руху

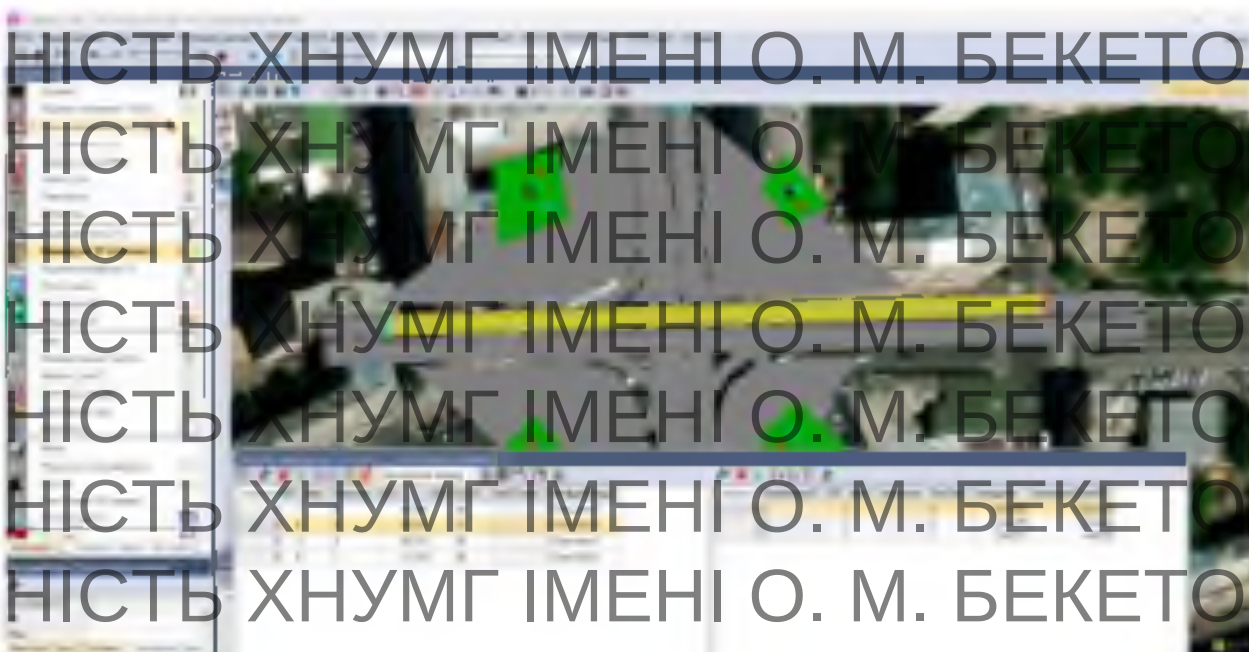


Рисунок 3.9 – Транспортний потік N_3 третього напрямку з інтенсивністю руху



Рисунок 3.10 – Транспортний потік N_4 третього напрямку з інтенсивністю руху

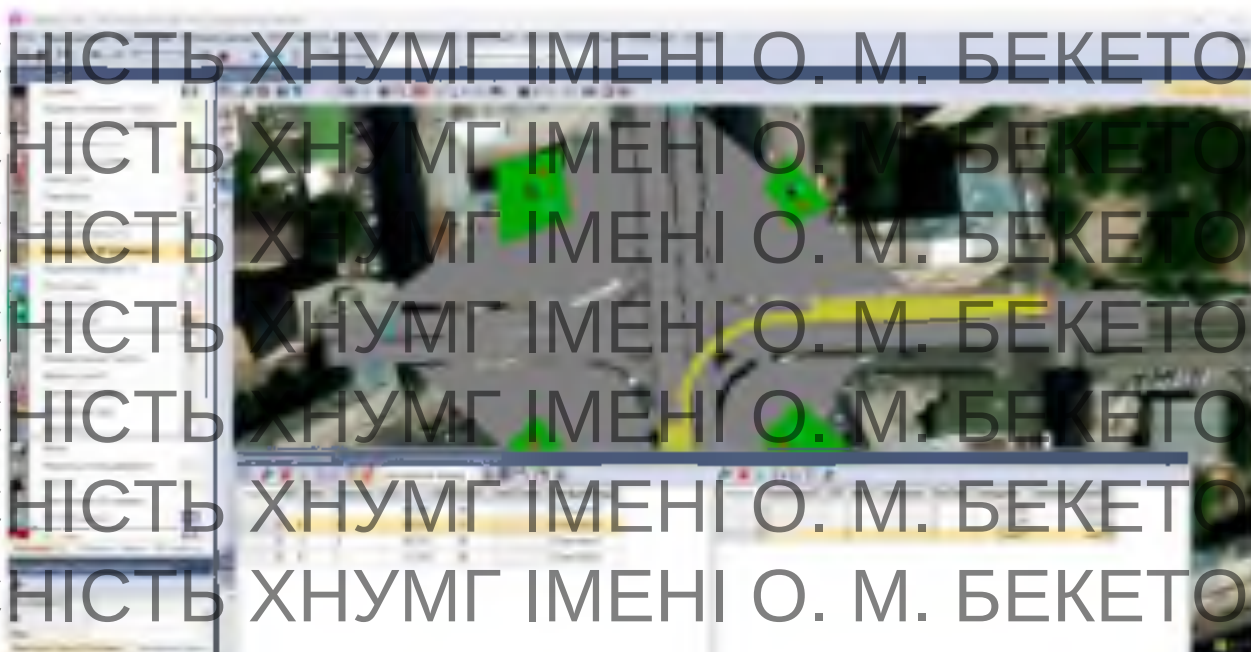


Рисунок 3.11 – Транспортний потік №3 третього напрямку з інтенсивністю руху

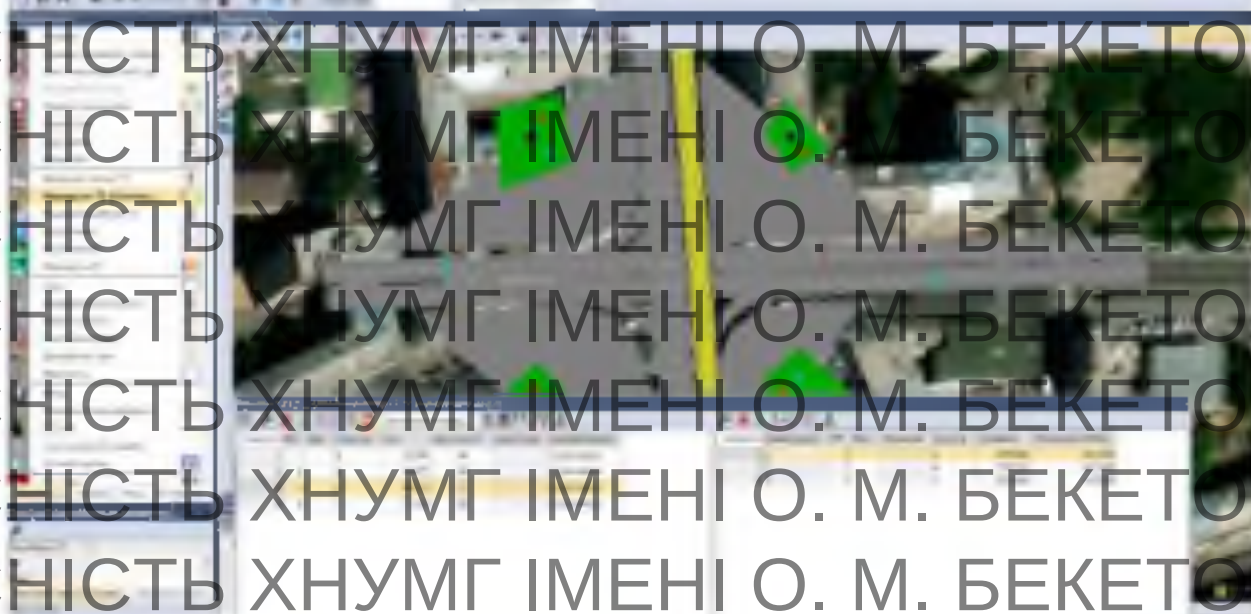


Рисунок 3.12 – Транспортний потік №4 четвертого напрямку з інтенсивністю руху

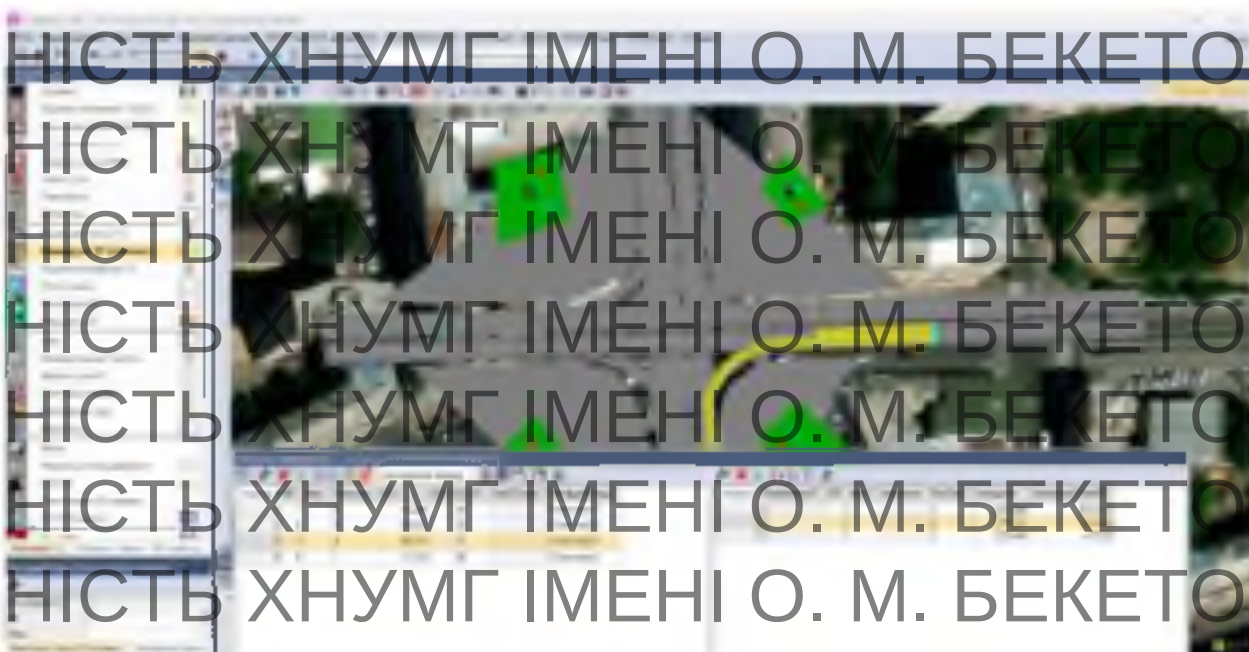


Рисунок 3.13 – Транспортний потік N_{11} четвертого напрямку з інтенсивністю руху



Рисунок 3.14 – Транспортний потік N_{12} четвертого напрямку з інтенсивністю руху

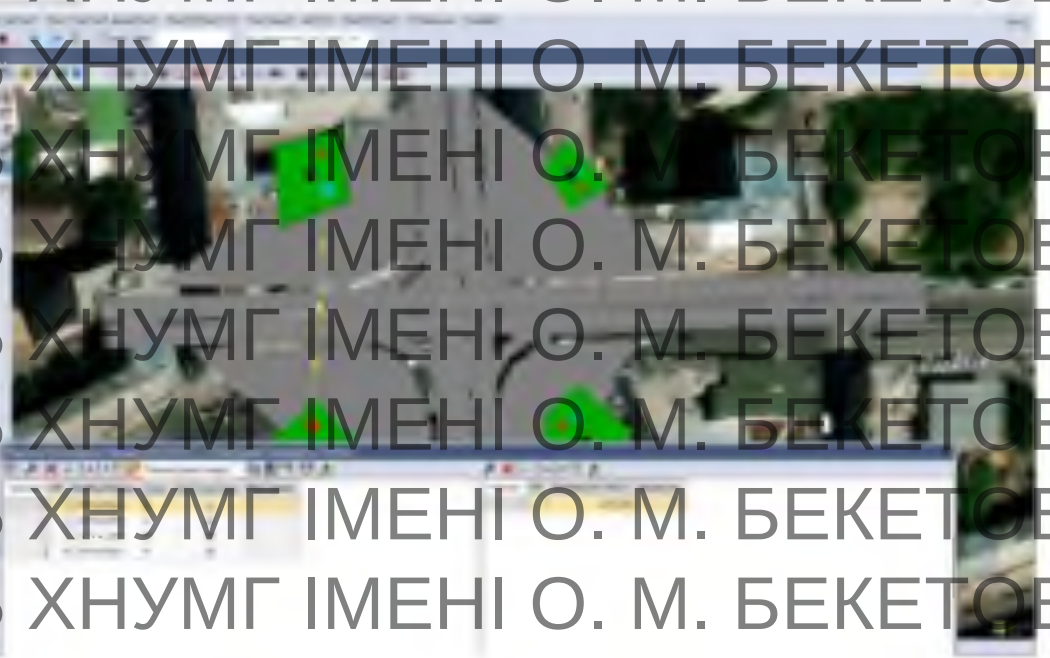


Рисунок 3.15 - Маршрути руху пішоходів №1



Рисунок 3.16 - Маршрути руху пішоходів №2



Рисунок 3.17 - Маршрути руху пішоходів №1



Рисунок 3.17 - Маршрути руху пішоходів №2

3.3. Розробка пофазного роз'їзду у PTV Vissim

Проведено формування кількості фаз регулювання [21, 22]. Після формування транспортних та пішохідних потоків наступним етапом моделювання стало розроблення пофазної організації руху на досліджуваному перехресті. Для реалізації світлофорного регулювання у програмному середовищі PTV Vissim було виконано формування сигнальних груп, які об'єднують транспортні потоки з однаковими умовами пропуску та дозволяють реалізувати їх рух у відповідні фази світлофорного циклу.

Сигнальні групи створювалися з урахуванням напрямків руху транспортних потоків, конфліктних точок на перехресті та вимог безпеки дорожнього руху. Кожна сигнальна група включас транспортні потоки, які можуть одночасно здійснювати рух без створення взаємних конфліктів з іншими учасниками дорожнього руху.

У середовищі PTV Vissim сигнальні групи були сформовані за допомогою об'єкта керування світлофорним регулюванням. До кожної сигнальної групи були прив'язані відповідні транспортні потоки та напрямки руху, які отримують дозвільний сигнал під час роботи визначеної фази світлофорного циклу. Такий підхід забезпечує коректне відображення процесу керування рухом на перехресті та дозволяє виконувати подальше налаштування параметрів світлофорного регулювання.

Сформовані сигнальні групи та закріплені за ними транспортні потоки наведені на рис. 3.18. З рисунка видно, що кожна сигнальна група обслуговує відповідний набір транспортних потоків, які будуть рухатися одночасно в межах визначеної фази регулювання. Це створює основу для подальшого формування пофазного роз'їзду та розрахунку параметрів світлофорного циклу.

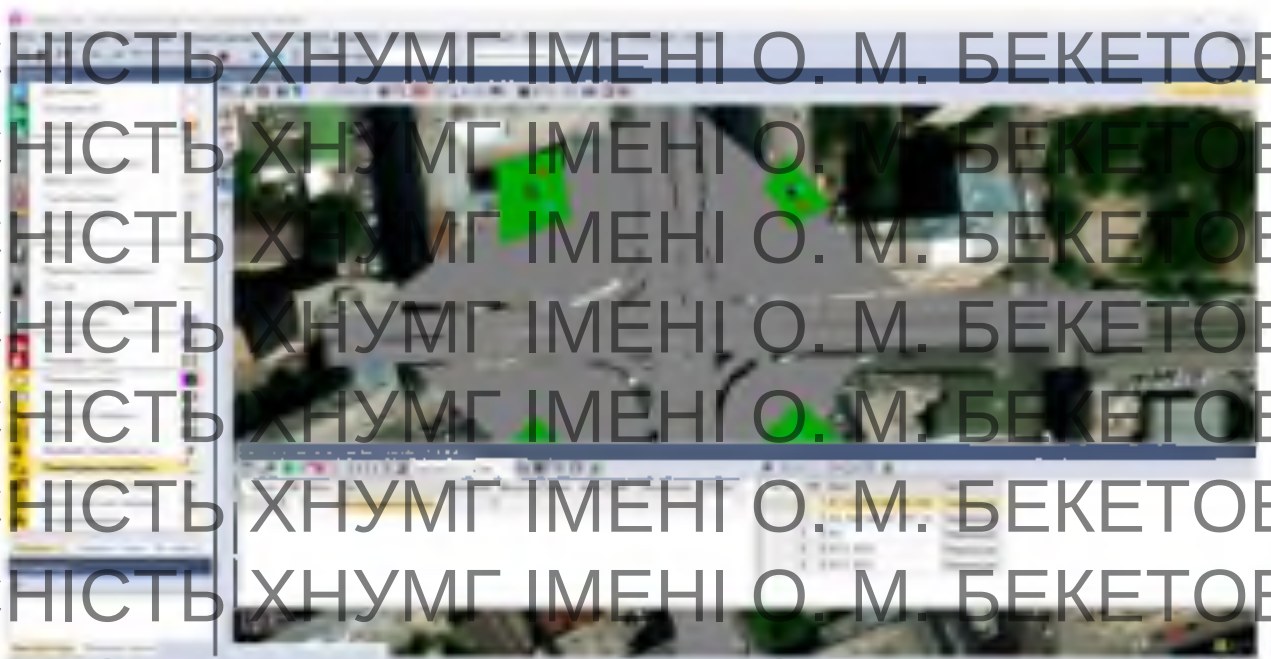


Рисунок 3.18 Формування сигнальних груп для пофазного роз'їзду

Таким чином, сформована структура сигнальних груп забезпечує можливість реалізації ефективного світлофорного регулювання на досліджуваному перехресті та є вихідною базою для подальшого визначення тривалості фаз і моделювання режимів роботи світлофорного об'єкта.

3.4. Формування світлофорного циклу у просторі PTV Vissim

Використовуючи та розрахунок тривалості циклу світлофорного регулювання за класичною формулою Вебстера (3.3) [6, 7], отримані значення суми розрахункових фазових коефіцієнтів наближається до 1. Отримане значення свідчить, що перехрестя працює на межі пропускної здатності, тому класична формула Вебстера вже не дає реалістичного результату.

Тривалість циклу світлофорного регулювання:

$$T_n = \frac{1.5 \cdot T_n + 5}{1 - Y} \quad (3.3)$$

де T_{Σ} – сума тривалості проміжних тактів, с;

Σ – сума розрахункових фазових коефіцієнтів.

Саме тому для таких завантажених перехресть застосовують:

- моделювання у PTV Vissim;

- коригування циклу за критеріями затримок і черг;

- вибір практичного циклу в межах 90 – 120 с.

Після формування сигнальних груп та визначення складу транспортних і пішохідних потоків для кожної фази було виконано налаштування світлофорного регулювання у програмному середовищі PTV Vissim.

Світлофорне регулювання реалізовано на основі трьох транспортних та двох пішохідних сигнальних груп. До складу першої транспортної сигнальної групи включено потоки N_1 , N_2 , N_3 , N_4 , N_5 та N_{10} , які обслуговуються під час першої фази руху. Друга транспортна сигнальна група об'єднує потоки N_6 , N_4 , N_7 , N_{11} та N_{12} і функціонує в межах другої фази. Для забезпечення безконфліктного пропуску окремого транспортного потоку N_3 сформовано третю сигнальну групу, яка працює під час третьої фази регулювання.

Для організації руху пішоходів було сформовано дві окремі сигнальні групи. До четвертої сигнальної групи віднесено пішохідні потоки NP_4 та NP_5 , а до п'ятої – NP_1 та NP_2 . Робота пішохідних сигнальних груп узгоджена з транспортними фазами та забезпечує безпечне перетинання проїзної частини.

Сформований світлофорний цикл має загальну тривалість 107 с. Структура циклу наведена на рис. 3.19.

Під час першої фази дозвільний сигнал отримують транспортні потоки сигнальної групи №1 та пішохідні потоки сигнальної групи №4 (рис. 3.20).

Тривалість зеленого сигналу становить 42 с (від 0 до 42 с циклу). Після завершення основного такту передбачено проміжний інтервал тривалістю 4

с, необхідний для збільшення конфліктної зони перехрестя транспортними засобами.



Рисунок 3.19 - Циклограма

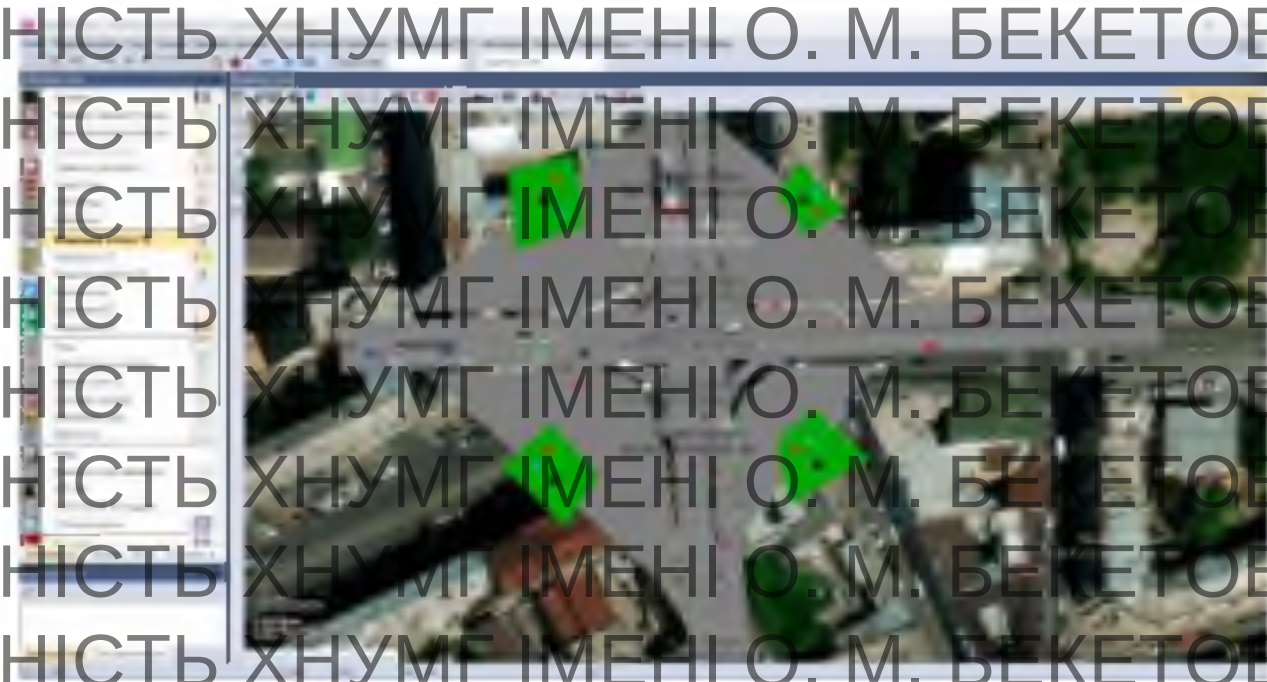


Рисунок 3.20 - Перша фаза світлофорного регулювання

У другій фазі (рис. 3.21) рух здійснюють транспортні потоки сигнальної групи №2 та пішохідні потоки сигнальної групи №5. Зелений сигнал триває 43 с (від 46 до 89 с циклу). Після завершення другої фази також передбачено проміжний інтервал тривалістю 4 с.



Рисунок 3.21 Друга фаза світлофорного регулювання

Третя фаза (рис. 3.22) призначена для пропуску транспортного потоку сигнальної групи №3. Дозвільний сигнал надається в інтервалі від 93 до 103 с, тобто тривалість зеленого сигналу становить 10 с. Після завершення третьої фази встановлено завершальний проміжний інтервал тривалістю 4 с, після чого цикл повторюється.

Таким чином, структура світлофорного циклу складається з трьох транспортних фаз та двох сукупних пішохідних фаз. Розподіл часу між фазами виконано з урахуванням інтенсивності руху транспортних та пішохідних потоків. Найбільша тривалість зеленого сигналу надана фазам, що обслуговують основні транспортні напрямки з найбільшою

інтенсивністю руху, тоді як для менш завантаженого напрямку виділено окрему фазу меншої тривалості.

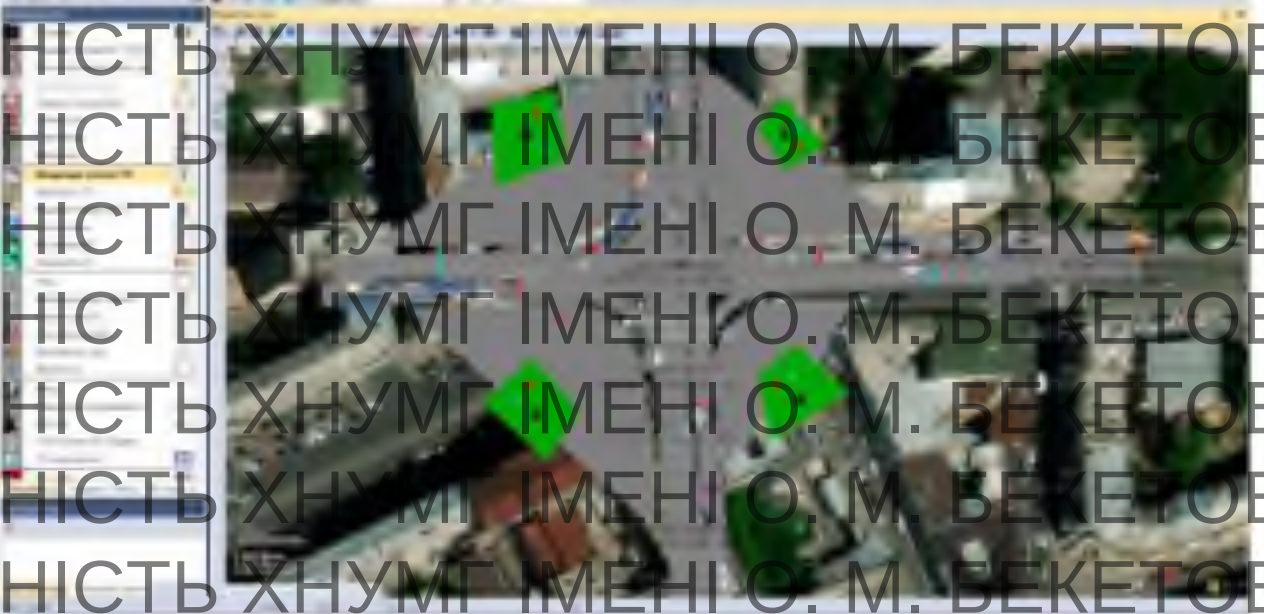


Рисунок 3.22 – Третя фаза світлофорного регулювання

Запропонований режим світлофорного регулювання забезпечує безконфліктний пропуск транспортних і пішохідних потоків та створює необхідні умови для подальшого моделювання ефективності функціонування перехрестя у середовищі PTV Vissim.

3.5. Висновки по розділу

1. Проведено аналіз транспортних і пішохідних потоків на досліджуваному перехресті.
2. У програмному середовищі PTV Vissim сформовано імітаційну модель перехрестя, налаштовано транспортні та пішохідні маршрути, а також розроблено пофазну схему організації дорожнього руху шляхом формування сигнальних груп для безконфліктного пропуску транспортних і пішохідних потоків.

3. За результатами моделювання розроблено трьохфазний світлофорний цикл загальною тривалістю 107 с, який забезпечує раціональний розподіл часу між основними напрямками руху, підвищує безпеку дорожнього руху та створює умови для ефективного функціонування перехрестя.

ВИСНОВКИ

В першому розділі досліджено теоретичні підходи щодо підвищення якості організації перевезень пасажирів у містах та встановлено, що ефективність функціонування міського пасажирського транспорту залежить від комплексного врахування містобудівних, організаційних і експлуатаційних чинників. Визначено, що застосування пасажирорієнтованого підходу сприяє підвищенню доступності, безпеки, регулярності та комфортності транспортного обслуговування населення. Проаналізовано основні показники якості послуг міського пасажирського транспорту, зокрема показники інформаційного обслуговування, комфортності, пavidкості, своєчасності та безпеки перевезень. Встановлено, що комплексне оцінювання зазначених показників дозволяє визначити рівень якості транспортного обслуговування, виявити недоліки організації перевізного процесу та сформувати напрями удосконалення роботи міських автобусних маршрутів.

В другому розділі проведено прогнозування обсягів перевезень на 2026 рік з урахуванням коливання пасажиропотоків протягом року. Виконання прогнозування в кваліфікаційній роботі бакалавра має на меті підтвердження засвоєння навичок та вмінь майбутнього спеціаліста з управління на транспорті, з визначення обсягів перевезень задля планування діяльності транспортного підприємства з перевезень пасажирів. Визначені технологічні показники роботи автобусів на маршруті. Складений розклад руху для 10 випусків за часу оберту 51 хвилини.

В третьому розділі проведено аналіз транспортних і пішохідних потоків на досліджуваному перехресті. У програмному середовищі PTV Vissim сформовано імітаційну модель перехрестя, налаштовано транспортні та пішохідні маршрути, а також розроблено пофарбовану схему організації дорожнього руху шляхом формування сигнальних груп для безконфліктного

пропуску транспортних і пішохідних потоків. За результатами моделювання розроблено трьохфазний світлофорний цикл загальною тривалістю 107 с, який забезпечує раціональний розподіл часу між основними напрямками руху, підвищує безпеку дорожнього руху та створює умови для ефективного функціонування перехрестя.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Вакулєнко К. Є. Управління міським пасажирським транспортом : навч. посібник / К. Є. Вакулєнко, К. В. Доля ; Харків. нац. ун-т міськ. госп.-ва ім. О. М. Бекєтова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекєтова, 2015. – 257 с.
2. Papa G., Santo Zarnik M., Vukašinović V. Electric-bus routes in hilly urban areas: Overview and challenges //Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2022. – Т. 165. – С. 112555.
3. De Ona J., De Ona R. Quality of service in public transport based on customer satisfaction surveys: A review and assessment of methodological approaches //Transportation Science. – 2015. – Т. 49. – №. 3. – С. 605-622.
4. Stokić M., Đurićević B. Model for electrification of urban public transport lines with supercapacitor buses: A case study of Belgrade //Applied Energy. 2025. Т. 377. С. 124670.
5. Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни «Пасажирські перевезення» (для студентів 4 курсу денної та 4 курсу заочної форм навчання напрямку підготовки 6.070101 - «Транспортні технології (за видами транспорту)» / Харк. нац. ун-т міськ. госп.-ва ім. О. М. Бекєтова; уклад.: В. К. Доля, Д. Л. Бурко – Х.: ХНУМГ ім. О. М. Бекєтова, 2013. – 34 с.
6. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної і контрольної роботи з дисципліни «Організація дорожнього руху» (для студентів 4 курсу денної і 3 курсу заочної форм навчання напрямку підготовки 6.100400 – «Транспортні технології») / Укл.: Лобашов О.О., Прасолєнко О.В., Бурко Д.Л. – Харків: ХНАМГ, 2008. – 23 с.
7. Методичні вказівки до розрахунково-графічної роботи «Розроблення схеми розташування технічних засобів організації дорожнього руху на регульованому перехресті» з дисципліни «Технічні засоби організації дорожнього руху» (для студентів 4 курсу денної і заочної форм навчання напрямку підготовки 6.070101 – Транспортні технології (за видами транспорту)) / Харків. нац. ун-т міськ. госп.-ва ім. О. М. Бекєтова; уклад.: О. О. Лобашов, І. С. Вугайов. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекєтова, 2015. – 40 с.

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 Результати прогнозування обсягів перевезень

Місяць року	Обсяги, тис. пас.	Прогноз	Нижня довірна границя	Верхня довірна границя
1	100,1	-	-	-
2	147,9	-	-	-
3	121,3	-	-	-
4	136,9	-	-	-
5	107,7	-	-	-
6	143,1	-	-	-
7	141,1	-	-	-
8	134,7	-	-	-
9	149,2	-	-	-
10	105,5	-	-	-
11	109,4	-	-	-
12	153,2	-	-	-
13	109,3	-	-	-
14	102,6	-	-	-
15	149,3	-	-	-
16	106,7	-	-	-
17	103,7	-	-	-
18	105,1	-	-	-
19	103,4	-	-	-
20	108,6	-	-	-
21	104,9	-	-	-
22	151,6	-	-	-
23	141,0	-	-	-
24	100,5	-	-	-
25	110,3	-	-	-
26	143,1	-	-	-
27	119,7	-	-	-
28	147,2	-	-	-
29	140,7	-	-	-
30	129,7	-	-	-
31	144,3	-	-	-
32	119,4	-	-	-
33	137,0	-	-	-
34	124,3	-	-	-
35	100,9	-	-	-
36	108,8	-	-	-
37	107,4	107,4	60,8	154,3
38	118,6	118,6	71,7	165,5

Продовження табл. А.1

1	2	3	4	5
39		137,8	90,9	184,7
40		120,7	73,8	167,6
41		113,2	66,3	160,1
42		125,7	78,7	172,6
43		127,3	80,4	174,2
44		120,7	73,7	167,6
45		120,0	82,1	175,9
46		138,9	81,9	175,8
47		121,4	74,4	168,3
48		132,3	85,3	179,2
Всього, тис. пас.		1482,7	914,8	2045,5

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 – Характеристики виконаних рейсів

Зупинний пункт	$Q_{\text{пр.}}$, пас.	$Q_{\text{об.}}$, пас.	F_i , пас.	L_i , км.	W_i , пас. км.	Зупинний пункт	$Q_{\text{пр.}}$, пас.	$Q_{\text{об.}}$, пас.	F_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	25	0	25	0,456	11,4	1	23	0	0	0	0,0
2	23	1	47	0,636	29,9	2	23	3	23	0,456	10,5
3	20	2	65	0,605	39,3	3	23	5	43	0,636	27,3
4	17	3	79	0,566	44,7	4	21	6	61	0,605	36,9
5	16	6	89	0,638	56,8	5	16	8	76	0,566	43,0
6	16	10	95	0,577	54,8	6	13	9	84	0,638	53,6
7	15	12	98	0,546	53,5	7	16	9	88	0,577	50,8
8	15	15	98	0,619	60,7	8	13	13	95	0,546	51,9
9	14	17	95	0,522	49,6	9	15	15	97	0,619	60,0
10	13	18	90	0,569	51,2	10	14	21	97	0,522	50,6
11	12	19	83	0,49	40,7	11	15	21	90	0,569	51,2
12	12	19	76	0,63	47,9	12	18	22	84	0,49	41,2
13	12	20	68	0,534	36,3	13	12	23	80	0,63	50,4
14	8	26	50	0,46	23,0	14	11	25	67	0,534	35,8
15	2	26	26	0,654	17,0	15	1	27	53	0,46	24,4
16	0	26	0	0	0,0	16	0	27	27	0,654	17,7
Всього	220	220	-	8,502	616,8	Всього	236	236	-	8,502	605,3

ВЛАДИСЛАВ ХРИСТИМОВИЧ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Зулиний пункт	$Q_{\text{вн.}}$ пас.	$Q_{\text{вн.}}$ пас.	$F_{\text{вн.}}$ пас.	$I_{\text{вн.}}$ км.	$W_{\text{вн.}}$ пас. км.	Зулиний пункт	$Q_{\text{вн.}}$ пас.	$Q_{\text{вн.}}$ пас.	$F_{\text{вн.}}$ пас.	$I_{\text{вн.}}$ км.	$W_{\text{вн.}}$ пас. км.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	18	0	18	0,456	8,2	1	25	0	0	0	0,0
2	17	2	33	0,636	21,0	2	23	3	25	0,456	11,4
3	16	8	41	0,605	24,8	3	23	7	45	0,636	28,6
4	16	8	49	0,566	27,7	4	23	7	61	0,605	36,9
5	15	8	56	0,638	35,7	5	22	8	77	0,566	43,6
6	15	9	62	0,577	35,8	6	22	17	91	0,638	58,1
7	13	9	66	0,546	36,0	7	20	19	96	0,577	55,4
8	14	9	71	0,614	43,9	8	20	20	97	0,546	53,0
9	13	10	74	0,522	38,6	9	20	20	97	0,619	60,0
10	14	14	74	0,569	42,1	10	18	22	97	0,522	50,6
11	11	13	72	0,49	35,3	11	17	28	93	0,569	52,9
12	9	15	66	0,63	41,6	12	15	21	82	0,49	40,2
13	9	19	56	0,534	29,9	13	15	24	76	0,63	47,9
14	9	21	44	0,46	20,2	14	10	28	67	0,534	35,8
15	6	24	26	0,654	17,0	15	7	28	49	0,46	22,5
16	0	26	0	0	0,0	16	0	28	28	0,654	18,3
Всього	192	192	-	8,502	458,0	Всього	280	280	-	8,502	615,2
$\bar{I}_{\text{вн.}}$		2,39	3,56	0,539	0,539	$\bar{I}_{\text{вн.}}$		2,20	3,88	0,724	0,724
Четвертий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	20	0	20	0,456	9,1	1	28	0	0	0	0,0
2	14	2	37	0,636	23,5	2	23	3	28	0,456	12,8
3	22	4	55	0,605	33,3	3	22	6	48	0,636	30,5
4	25	9	69	0,566	39,1	4	22	7	64	0,605	38,7
5	23	11	81	0,638	51,7	5	20	8	79	0,566	44,7
6	22	13	90	0,577	51,9	6	16	11	91	0,638	58,1

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Зушлітний пункт	$Q_{\text{в.}} \text{ пас.}$	$Q_{\text{г.}} \text{ пас.}$	$F_{\text{г.}} \text{ пас.}$	$I_{\text{г.}} \text{ км.}$	$W_{\text{г.}} \text{ пас. км.}$	Зушлітний пункт	$Q_{\text{в.}} \text{ пас.}$	$Q_{\text{г.}} \text{ пас.}$	$F_{\text{г.}} \text{ пас.}$	$I_{\text{г.}} \text{ км.}$	$W_{\text{г.}} \text{ пас. км.}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7	19	13	96	0,546	52,4	7	15	12	96	0,577	55,4
8	17	14	99	0,619	61,3	8	13	13	99	0,546	54,1
9	16	15	100	0,522	52,2	9	12	14	99	0,619	61,3
10	16	15	101	0,569	57,5	10	15	17	97	0,522	50,6
11	14	20	95	0,49	46,6	11	13	18	95	0,569	54,1
12	15	24	84	0,63	52,9	12	10	22	90	0,49	44,1
13	11	26	69	0,534	36,8	13	9	23	78	0,63	49,1
14	10	29	50	0,46	23,0	14	8	24	64	0,534	34,2
15	9	29	30	0,654	19,6	15	5	26	48	0,46	22,1
16	0	30	0	0	0,0	16	0	27	27	0,654	17,7
Всього	254	254	-	8,502	610,9	Всього	231	231	-	8,502	627,4
$\bar{I}_{\text{г.}}, \text{ м. ч.} - \gamma_{\text{г.}}$		2,41	3,54	0,717	0,719	$\bar{I}_{\text{г.}}, \text{ м. ч.} - \gamma_{\text{г.}}$		2,72	3,74	0,735	0,738
Тягний оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	25	0	25	0,456	11,4	1	17	0	0	0	0,0
2	24	5	44	0,636	28,0	2	18	4	17	0,456	7,8
3	24	7	61	0,605	36,9	3	24	5	81	0,636	19,7
4	19	12	68	0,566	38,5	4	23	6	50	0,605	30,3
5	19	15	72	0,638	45,9	5	23	8	67	0,566	37,9
6	18	17	73	0,577	42,1	6	22	9	82	0,638	52,3
7	17	17	73	0,546	39,9	7	20	12	95	0,577	54,8
8	17	18	72	0,619	44,6	8	18	15	103	0,546	56,2
9	15	18	69	0,522	36,0	9	18	23	106	0,619	65,6
10	14	18	65	0,569	37,0	10	16	25	101	0,522	52,7
11	15	20	58	0,49	28,4	11	12	26	92	0,569	52,3
12	12	22	48	0,63	30,2	12	12	23	78	0,49	38,2
13	11	21	38	0,534	20,3	13	8	23	67	0,63	42,2

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Зулиний пункт	Q_n , пас.	Q_{n-1} , пас.	F_n , пас.	L , км.	W , пас. км.	Зулиний пункт	Q_n , пас.	Q_{n-1} , пас.	F_n , пас.	L , км.	W , пас. км.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14	11	17	32	0,46	14,7	14	6	25	52	0,534	27,8
15	4	18	18	0,654	11,8	15	17	53	0,46	15,2	
16	0	18	0	0	0,0	16	0	17	17	0,654	11,1
Всього	243	243	-	8,502	465,7	Всього	238	238	-	8,502	564,2
$\bar{L}, \eta, \gamma, \gamma_a$		1,92	4,46	0,544	0,548	$\bar{L}, \eta, \gamma, \gamma_a$		2,37	3,60	0,661	0,664
Шостий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	20	0	20	0,456	9,1	1	17	0	0	0	0,0
2	25	1	44	0,636	28,0	2	15	3	17	0,456	7,8
3	23	3	64	0,605	38,7	3	25	4	29	0,636	18,4
4	21	6	79	0,566	44,7	4	25	7	50	0,605	30,3
5	20	8	91	0,638	58,1	5	24	8	68	0,566	38,5
6	18	10	99	0,577	57,1	6	21	8	84	0,638	53,6
7	16	14	101	0,546	55,1	7	17	11	97	0,577	56,0
8	15	16	100	0,619	61,9	8	17	15	103	0,546	56,2
9	11	18	93	0,522	48,5	9	13	18	105	0,619	65,0
10	10	20	83	0,569	47,2	10	14	19	100	0,522	52,2
11	9	22	70	0,49	34,3	11	19	20	92	0,569	52,3
12	9	23	56	0,63	35,3	12	14	21	91	0,49	44,6
13	7	26	37	0,534	19,8	13	3	23	84	0,63	52,9
14	6	16	27	0,46	12,4	14	2	24	64	0,534	34,2
15	6	16	17	0,654	11,1	15	2	27	42	0,46	19,3
16	0	17	0	0	0,0	16	0	17	17	0,654	11,1
Всього	216	216	-	8,502	561,4	Всього	225	225	-	8,502	592,4
$\bar{L}, \eta, \gamma, \gamma_a$		2,60	3,30	0,654	0,660	$\bar{L}, \eta, \gamma, \gamma_a$		2,65	3,24	0,625	0,697
Сьомий оберт											

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Зулиний пункт	$Q_{\text{вн.}}$ пас.	$Q_{\text{вн.}}$ пас.	$F_{\text{вн.}}$ пас.	$I_{\text{вн.}}$ км.	$W_{\text{вн.}}$ пас. км.	Зулиний пункт	$Q_{\text{вн.}}$ пас.	$Q_{\text{вн.}}$ пас.	$F_{\text{вн.}}$ пас.	$I_{\text{вн.}}$ км.	$W_{\text{вн.}}$ пас. км.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	26	0	26	0,456	11,9	1	27	0	0	0	0,0
2	24	4	46	0,636	29,3	2	25	2	27	0,456	12,3
3	24	4	66	0,605	39,9	3	24	7	50	0,636	31,8
4	23	6	83	0,566	47,0	4	21	9	67	0,605	40,5
5	22	7	98	0,538	62,5	5	19	10	79	0,566	44,7
6	20	10	108	0,577	62,3	6	19	17	88	0,638	56,1
7	19	14	113	0,546	61,7	7	18	13	90	0,577	51,9
8	19	17	115	0,619	71,2	8	17	13	93	0,546	50,8
9	15	18	112	0,522	58,5	9	16	12	95	0,619	58,8
10	15	19	106	0,569	60,3	10	12	12	99	0,522	51,7
11	6	20	92	0,49	45,1	11	10	16	99	0,569	56,3
12	5	20	77	0,63	48,5	12	8	16	93	0,49	45,6
13	3	21	59	0,534	31,5	13	8	27	85	0,63	53,6
14	6	26	36	0,46	16,6	14	4	28	66	0,534	35,2
15	1	18	19	0,654	12,4	15	3	22	42	0,46	19,3
16	0	19	0	0	0,0	16	0	23	23	0,654	15,0
Всього	223	223	-	8,502	658,6	Всього	231	231	-	8,502	623,8
$\bar{I}_{\text{вн.}}$ п. п. п.		2,95	2,90	0,771	0,775	$\bar{I}_{\text{вн.}}$ п. п. п.		2,70	3,16	0,734	0,734
Восьмий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	26	0	26	0,456	11,9	1	23	0	0	0	0,0
2	24	5	45	0,636	28,6	2	27	10	23	0,456	10,5
3	20	5	60	0,605	36,3	3	24	12	40	0,636	25,4
4	18	8	70	0,566	39,6	4	23	12	52	0,605	31,5
5	16	10	76	0,638	48,5	5	22	12	63	0,566	35,7
6	15	16	73	0,577	42,1	6	21	12	73	0,638	46,6

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Зушлітний пункт	$Q_{\text{в.}} \cdot \text{пас.}$	$Q_{\text{г.}} \cdot \text{пас.}$	$F_{\text{г.}} \cdot \text{пас.}$	$I_{\text{г.}} \cdot \text{км.}$	$W_{\text{г.}} \cdot \text{пас. км.}$	Зушлітний пункт	$Q_{\text{в.}} \cdot \text{пас.}$	$Q_{\text{г.}} \cdot \text{пас.}$	$F_{\text{г.}} \cdot \text{пас.}$	$I_{\text{г.}} \cdot \text{км.}$	$W_{\text{г.}} \cdot \text{пас. км.}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7	13	12	74	0,546	40,4	7	21	18	82	0,577	47,3
8	12	16	70	0,619	43,3	8	20	18	85	0,546	46,4
9	12	15	67	0,522	35,0	9	20	27	87	0,619	53,9
10	11	13	65	0,569	37,0	10	19	27	80	0,522	41,8
11	10	13	62	0,49	30,4	11	16	20	72	0,569	41,0
12	10	15	57	0,63	35,9	12	15	24	68	0,49	33,3
13	7	15	49	0,534	26,2	13	14	25	59	0,63	37,2
14	6	18	37	0,46	17,0	14	14	23	48	0,534	25,6
15	2	19	20	0,654	13,1	15	13	27	57	0,46	17,0
16	0	20	0	0	0,0	16	0	23	23	0,654	15,0
Всього	200	200	-	8,502	485,3	Всього	292	292	-	8,502	508,1
$\bar{I}_{\text{г.}} \cdot \text{п. ч.} \cdot \gamma_{\text{г.}}$		2,43	3,52	0,567	0,571	$\bar{I}_{\text{г.}} \cdot \text{п. ч.} \cdot \gamma_{\text{г.}}$		1,74	4,91	0,595	0,598
Дев'ятий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	27	0	27	0,456	12,3	1	28	0	0	0	0,0
2	25	5	47	0,636	29,9	2	25	8	28	0,456	12,8
3	22	5	64	0,605	38,7	3	23	8	45	0,636	28,6
4	22	8	78	0,566	44,1	4	22	8	60	0,605	36,3
5	20	8	90	0,638	57,4	5	22	7	74	0,566	41,9
6	20	9	101	0,577	58,3	6	21	8	89	0,638	56,8
7	8	10	99	0,546	54,1	7	18	19	102	0,577	58,9
8	7	12	91	0,619	58,2	8	17	25	101	0,546	55,1
9	7	15	86	0,522	44,9	9	17	18	93	0,619	57,6
10	6	15	77	0,569	43,8	10	14	19	92	0,522	48,0
11	5	16	64	0,49	31,4	11	12	19	87	0,569	49,5
12	3	18	49	0,63	30,9	12	11	19	80	0,49	39,2
13	5	12	40	0,534	21,4	13	8	21	72	0,63	45,4

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Зулиний пункт	Q_n , пас.	Q_{n-1} , пас.	F_n , пас.	L , км.	W , пас. км.	Зулиний пункт	Q_n , пас.	Q_{n-1} , пас.	F_n , пас.	L , км.	W , пас. км.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14	2	12	30	0,46	13,8	14	7	21	59	0,534	31,5
15	2	13	19	0,654	12,4	15	7	27	45	0,46	20,7
16	0	19	0	0	0,0	16	0	25	25	0,654	16,4
Всього	177	177	-	8,502	551,5	Всього	252	252	-	8,502	598,6
$\bar{L}, \eta, \gamma, \gamma_a$		3,12	2,75	0,643	0,649	$\bar{L}, \eta, \gamma, \gamma_a$		2,38	3,59	0,701	0,704
Десятий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	20	0	20	0,456	9,1	1	18	0	0	0	0,0
2	17	3	34	0,636	21,6	2	23	8	18	0,456	8,2
3	15	6	43	0,605	26,0	3	25	12	33	0,636	21,0
4	24	7	60	0,566	34,0	4	25	15	46	0,605	27,8
5	22	10	72	0,638	45,9	5	25	16	56	0,566	31,7
6	20	11	81	0,577	46,7	6	24	18	65	0,638	41,5
7	20	15	86	0,546	47,0	7	23	20	71	0,577	41,0
8	19	17	88	0,619	54,5	8	23	20	74	0,546	40,4
9	18	20	86	0,522	44,9	9	22	21	77	0,619	47,7
10	15	21	80	0,569	45,5	10	24	21	78	0,522	40,7
11	14	23	71	0,49	34,8	11	20	21	78	0,569	44,4
12	12	25	58	0,63	36,5	12	19	23	77	0,49	37,7
13	7	24	41	0,534	21,9	13	7	23	73	0,63	46,0
14	7	17	31	0,46	14,3	14	6	25	57	0,534	30,4
15	3	17	17	0,654	11,1	15	6	26	38	0,46	17,5
16	0	17	0	0	0,0	16	0	18	18	0,654	11,8
Всього	233	233	-	8,502	493,8	Всього	287	287	-	8,502	487,7
$\bar{L}, \eta, \gamma, \gamma_a$		2,12	4,02	0,579	0,581	$\bar{L}, \eta, \gamma, \gamma_a$		1,76	5,01	0,523	0,574
Одинадцятий оберт											

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Зулиний пункт	$Q_{\text{вн.}}$ пас.	$Q_{\text{вн.}}$ пас.	$F_{\text{вн.}}$ пас.	$I_{\text{вн.}}$ км.	$W_{\text{вн.}}$ пас. км.	Зулиний пункт	$Q_{\text{вн.}}$ пас.	$Q_{\text{вн.}}$ пас.	$F_{\text{вн.}}$ пас.	$I_{\text{вн.}}$ км.	$W_{\text{вн.}}$ пас. км.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	16	0	16	0,456	7,3	1	27	0	0	0	0,0
2	18	2	32	0,636	20,4	2	26	14	27	0,456	12,3
3	27	2	57	0,605	34,5	3	26	15	39	0,636	24,8
4	22	4	75	0,566	42,5	4	25	16	50	0,605	30,3
5	19	8	86	0,638	54,9	5	25	17	59	0,566	33,4
6	15	8	93	0,577	53,7	6	25	17	67	0,638	42,7
7	17	10	100	0,546	54,6	7	22	18	73	0,577	42,1
8	12	14	98	0,614	60,7	8	21	11	77	0,546	42,0
9	12	14	96	0,522	50,1	9	21	18	87	0,614	53,9
10	10	15	91	0,569	51,8	10	15	22	90	0,522	47,0
11	9	15	85	0,49	41,7	11	13	14	83	0,569	47,2
12	8	17	76	0,63	47,9	12	11	17	82	0,49	40,2
13	5	23	58	0,534	31,0	13	9	18	76	0,63	47,9
14	5	26	37	0,46	17,0	14	8	27	67	0,534	35,8
15	3	20	20	0,654	13,1	15	7	27	48	0,46	22,1
16	0	20	0	0	0,0	16	0	28	28	0,654	18,3
Всього	198	198	-	8,502	580,9	Всього	279	279	-	8,502	540,0
$\bar{I}_{\text{вн.}}$ п. п. п.		2,93	2,91	0,680	0,683	$\bar{I}_{\text{вн.}}$ п. п. п.		1,94	4,38	0,635	0,635
Дванадцятий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	19	0	19	0,456	8,7	1	18	0	0	0	0,0
2	14	4	34	0,636	21,6	2	28	6	18	0,456	8,2
3	17	6	45	0,605	27,2	3	27	7	40	0,636	25,4
4	15	7	51	0,566	28,9	4	25	7	60	0,605	36,3
5	14	7	58	0,638	37,0	5	24	14	78	0,566	44,1
6	19	7	70	0,577	40,4	6	20	18	88	0,638	56,1

Зушлічний пункт	$Q_{\text{вн}} \cdot \text{пас.}$	$Q_{\text{вн}} \cdot \text{пас.}$	$F_{\text{вн}} \cdot \text{пас.}$	$L \cdot \text{км.}$	$W_{\text{вн}} \cdot \text{пас. км.}$	Зушлічний пункт	$Q_{\text{вн}} \cdot \text{пас.}$	$Q_{\text{вн}} \cdot \text{пас.}$	$F_{\text{вн}} \cdot \text{пас.}$	$L \cdot \text{км.}$	$W_{\text{вн}} \cdot \text{пас. км.}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7	18	8	80	0,546	43,7	7	20	21	90	0,577	51,9
8	18	8	90	0,619	55,7	8	20	24	89	0,546	48,6
9	15	10	95	0,522	49,6	9	19	15	85	0,619	52,6
10	13	13	95	0,569	54,1	10	18	19	89	0,522	46,5
11	12	15	92	0,49	45,1	11	17	19	88	0,569	50,1
12	9	19	82	0,63	51,7	12	17	21	86	0,49	42,1
13	8	21	69	0,534	36,8	13	15	21	82	0,63	51,7
14	7	24	52	0,46	23,9	14	4	24	76	0,534	40,6
15	1	25	28	0,654	18,3	15	2	34	56	0,46	23,8
16	0	28	0	0	0,0	16	0	24	24	0,654	15,7
Всього	202	202	-	8,502	542,6	Всього	274	274	-	8,502	595,7
$\bar{L}, \text{м. з. - } L_{\text{вн}}$		2,69	3,15	0,640	0,638	$\bar{L}, \text{м. з. - } L_{\text{вн}}$		2,17	3,93	0,609	0,701