

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  
магістра

на тему **Оцінка ефективності функціонування системи  
перевезень пасажирів Холодногірського району  
м. Харкова**

Виконав: студент 2 курсу, групи М РозТранс 2024-1  
спеціальності 275 «Транспортні технології (за  
видами)», освітньо-наукова програма  
«Розумний транспорт і логістика для міст»

Калевський Д. С.

Керівник Куш Є. І.

Рецензент Давідюк Ю. О.

Харків – 2026 року

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

Навчально-науковий інститут Енергетичної, інформаційної та транспортної  
інфраструктури

Кафедра Транспортних систем і логістики

Освітньо-кваліфікаційний рівень Магістр

Спеціальність 275 «Транспортні технології»

(спеціалізація)

Освітньо-наукова програма «Розумний транспорт і логістика для міст»

(спеціалізація)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

проф. Куш Є. І.

20 26 року

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Каневському Денису Євгеновичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Оцінка ефективності функціонування системи перевезень  
пасажирів Холодногірського району м. Харкова

керівник роботи проф. Куш Є. І., к.т.н.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від "27" лютого 2026 року  
№ 184-03

2. Строк подання студентом роботи 19.05.2026

3. Вихідні дані до роботи наукова література з оцінки ефективності перевезень  
пасажирів, параметри транспортної системи перевезень пасажирів району, попит  
на пересування, параметри маршрутів перевезень пасажирів, офіційні онлайн  
джерела щодо району дослідження та функціонування маршрутної системи

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно  
розв'язати) Вступ 1. Аналіз сучасного стану транспортної системи перевезення  
пасажирів 2. Формування пасажиропотоків на існуючих маршрутах 3. Оцінка  
ефективності функціонування системи перевезень пасажирів.  
Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Підготовка презентації у електронному вигляді за основними результатами  
роботи

# 6. Консультанти розділів роботи

| Розділ                     | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|----------------------------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
|                            |                                           | завдання видав | завдання прийняв |
| Перевірка на відповідність | інженер каф. ТС І.І.Тодманов І.О.         |                |                  |
|                            |                                           |                |                  |
|                            |                                           |                |                  |
|                            |                                           |                |                  |

# 7. Дата видачі завдання 02.02.2026

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи                               | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1     | Аналіз сучасного стану транспортної системи перевезення пасажирів | 31.03.2026                    | Вик.     |
| 2     | Формування пасажиропотоків на існуючих маршрутах                  | 15.04.2026                    | Вик.     |
| 3     | Оцінка ефективності функціонування системи перевезень пасажирів   | 19.05.2026                    | Вик.     |

Студент

Каплевський Д. С.

Підпис

Підпис та ініціали

Керівник роботи

Кун С. І.

Підпис

Підпис та ініціали

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра 51 сторінка, 22 рисунка, 9 таблиць.

1 додаток, 17 джерел переліку посилань.

Об'єкт дослідження: процес функціонування системи перевезень пасажирів.

Предмет дослідження: показники ефективності перевезень.

Мета роботи: оцінка ефективності функціонування системи перевезень пасажирів Холодногірського району м. Харкова.

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

Отримані результати: визначені показники ефективності функціонування системи перевезень пасажирів.

Рекомендації з впровадження: впровадження методики оцінки показників ефективності можливе на реальних об'єктах дослідження.

ПОКАЗНИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ, МАРШРУТНА МЕРЕЖА, ЗУПИНОЧНИЙ ПУНКТ, МОДЕЛЮВАННЯ ПАСАЖИРОПОТОКІВ, ЧАС ПОЇЗДКИ, ЧАС ПЕРЕСАДКИ

## ЗМІСТ

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                                      | 6  |
| РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ..... | 7  |
| 1.1. Аналіз показників ефективності перевезень пасажирів в містах.....          | 7  |
| 1.2. Характеристика пасажирської транспортної системи району.....               | 17 |
| 1.3 Висновки по розділу.....                                                    | 31 |
| РОЗДІЛ 2 ФОРМУВАННЯ ПАСАЖИРОПОТОКІВ НА ІСНУЮЧИХ МАРШРУТАХ.....                  | 33 |
| РОЗДІЛ 3 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ.....   | 41 |
| ВИСНОВКИ.....                                                                   | 46 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....                                                           | 47 |
| ДОДАТОК А.....                                                                  | 49 |

ННІ ЕПІТС/ІМ РозТранс 2024-І РозТранс ХХХ...Х ПЗ

|           |            |          |            |        |
|-----------|------------|----------|------------|--------|
| Укр.      | Англ.      | Місцевий | Географіч. | Діагр. |
| Розробл.  | Корекція   | С.С.     |            |        |
| Модифік.  | Корекція   |          |            |        |
| Модифік.  |            |          |            |        |
| П. Корек. | Бурко Т.І. |          |            |        |
| Корекція  | Кур'я Т.І. |          |            |        |

Підписувальник  
Затверд.

|     |       |       |
|-----|-------|-------|
| Ім. | Англ. | Аркуш |
| К   | Р     | Б     |
|     |       | М     |

ХНУМГ ім. О. М. Бекетова

## ВСТУП

Ефективність міських пасажирських перевезень є важливим складовою функціонування сучасного міста та визначає рівень транспортного обслуговування населення. Комплексна оцінка ефективності транспортної системи здійснюється за допомогою техніко-економічних, економічних, соціальних та екологічних показників.

Основними показниками ефективності є обсяг перевезень, пасажирообіг, швидкість сполучення, регулярність руху, коефіцієнт використання місткості транспортних засобів, собівартість перевезень, рівень транспортної доступності та екологічна безпека.

На ефективність функціонування міського пасажирського транспорту впливає велика кількість факторів, серед яких особливе значення мають технічний стан рухомого складу, рівень розвитку транспортної інфраструктури, організація маршрутної мережі та рівень управління транспортним процесом.

Підвищення ефективності міських пасажирських перевезень потребує комплексного підходу, який включає оптимізацію маршрутної мережі, оновлення рухомого складу, впровадження інтелектуальних транспортних систем та удосконалення організації дорожнього руху.

Сучасні тенденції розвитку транспортних систем спрямовані на забезпечення сталого розвитку міського транспорту, підвищення рівня екологічної безпеки та створення комфортних умов для перевезення пасажирів.

## АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ

### 1.1. Аналіз показників ефективності перевезень пасажирів в містах.

Міський пасажирський транспорт – однією з ключових складових функціонування сучасного міста та забезпечує реалізацію соціально-економічних зв'язків між різними територіями урбанізованого середовища [1-4]. Ефективність роботи системи пасажирських перевезень безпосередньо впливає на рівень мобільності населення, продуктивність праці, екологічний стан міського середовища та загальну якість життя населення (рис. 1.1). У сучасних умовах розвитку міст, зростання рівня автомобілізації та збільшення інтенсивності транспортних потоків питання підвищення ефективності функціонування міського пасажирського транспорту набувають особливої актуальності.



Рисунок 1.1 Вплив системи перевезень пасажирів на життєдіяльність міст

Система міських пасажирських перевезень являє собою складну багатокомпонентну структуру, до складу якої входять транспортна інфраструктура, маршрутна мережа, рухомий склад, організація руху та система управління перевезеннями. Рациональна організація пересвізного процесу дозволяє забезпечити оптимальний рівень транспортного обслуговування населення, скоротити витрати часу на пересування, підвищити регулярність руху та знизити експлуатаційні витрати транспортних підприємств (рис. 1.2).

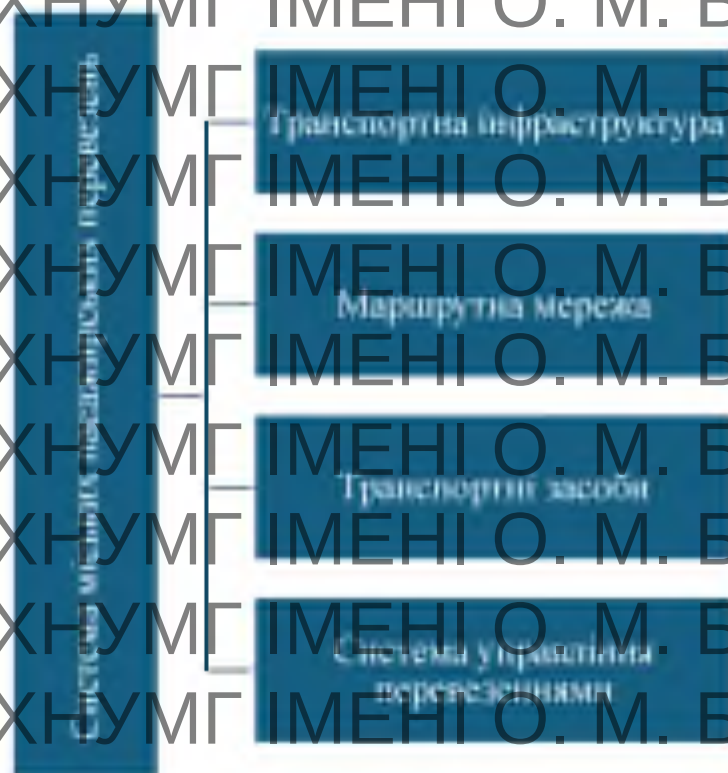


Рисунок 1.2 - Система міських пасажирських перевезень

Оцінка ефективності пасажирських перевезень у містах здійснюється за допомогою системи технічних, економічних, соціальних та екологічних показників [5, 6] (рис. 1.3). Комплексний аналіз цих показників дозволяє визначити рівень функціонування транспортної системи, оцінити якість транспортного обслуговування населення, виявити проблемні елементи маршрутної мережі та обґрунтувати напрями її удосконалення.

У сучасній транспортній науці значна увага приділяється питанням оптимізації маршрутної мережі, підвищення швидкості сполучення,

скорочення часу очікування пасажирів та вивантаження інтелектуальних транспортних систем [7, 8]. Зростання вимог до якості транспортного обслуговування населення обумовлює необхідність застосування нових методів аналізу та управління системами пасажирських перевезень.



Рисунок 1.3 - Ефективність пасажирських перевезень

Ефективність пасажирських перевезень є комплексною характеристикою функціонування транспортної системи, яка відображає рівень відповідності результатів перевізного процесу поставленим цілям та витратам ресурсів. У сфері міських пасажирських перевезень ефективність визначається здатністю транспортної системи забезпечувати якісне, безпечне та своєчасне перевезення населення при мінімальних витратах часу, енергії та фінансових ресурсів.

Поняття ефективності міських пасажирських перевезень охоплює економічні, технічні, соціальні та екологічні аспекти функціонування транспортної системи. Економічна ефективність характеризує співвідношення між результатами діяльності транспортних підприємств і витратами на організацію перевезень. Технічна ефективність відображає рівень

використання рухомого складу, швидкість сполучення та пропускну спроможність транспортної мережі. Соціальна ефективність пов'язана із забезпеченням транспортної доступності населення, комфортності та безпеки перевезень. Екологічна ефективність визначається рівнем впливу транспортної системи на навколишнє середовище.

Міський пасажирський транспорт виконує важливу соціальну функцію, оскільки забезпечує доступ населення до місць праці, навчання, відпочинку та соціальної інфраструктури. Від рівня організації транспортного обслуговування залежить мобільність населення та рівень соціальної інтеграції міського середовища. Недостатня ефективність функціонування транспортної системи призводить до збільшення транспортних затримок, перевантаження маршрутів, зростання витрат часу пасажирів та погіршення екологічного стану міста [9-11].

У сучасних умовах важливим напрямом підвищення ефективності міських пасажирських перевезень є впровадження інноваційних технологій управління транспортними потоками, використання автоматизованих систем диспетчерського контролю, GPS-моніторингу та інтелектуальних транспортних систем. Застосування сучасних інформаційних технологій дозволяє підвищити регулярність руху, оптимізувати роботу маршрутної мережі та забезпечити більш раціональне використання рухомого складу.

Оцінка ефективності міських пасажирських перевезень здійснюється за допомогою системи взаємопов'язаних показників, які характеризують різні аспекти функціонування транспортної системи. До основних груп показників належать техніко-експлуатаційні, економічні, соціальні та екологічні показники.

Техніко-експлуатаційні показники характеризують рівень організації транспортного процесу та ефективність використання рухомого складу (рис. 1.4). Одним із основних показників є обсяг перевезень пасажирів, який визначає кількість пасажирів, перевезених транспортною системою за певний

період часу. Даний показник використовується для оцінки інтенсивності функціонування маршрутної мережі та визначення транспортного попиту.



Рисунок 1.4. Техніко-експлуатаційні показники оцінки транспортного процесу

Іншим важливим показником є пасажиробіг, який характеризує транспортну роботу та визначається як добуток кількості перевезених пасажирів на середню дальність їх поїздки. Пасажиросвіт дозволяє оцінити загальний обсяг транспортної роботи, виконаної системою міських перевезень.

Середня експлуатаційна швидкість руху транспортних засобів є важливим показником якості транспортного обслуговування. Вона визначає ефективність використання часу та впливає на тривалість поїздки пасажирів.

Зниження швидкості руху зазвичай пов'язане із перешкоджанням вулично-дорожньої мережі, загороми та недосконалою організацією руху.

Регулярність руху характеризує ступінь дотримання встановленого розкладу руху транспортних засобів. Високий рівень регулярності забезпечує

скорочення часу очікування пасажирів та підвищення надійності транспортного обслуговування.

Коефіцієнт використання місткості транспортних засобів відображає ступінь завантаження рухомого складу та ефективність його використання.

Надмірне перевантаження транспортних засобів призводить до погіршення комфортності перевезень, тоді як недостатнє завантаження свідчить про нерациональне використання ресурсів.

Економічні показники (рис. 1.5) характеризують фінансову ефективність функціонування транспортної системи. Одним із основних показників є собівартість перевезень, яка включає витрати на паливо, технічне обслуговування, ремонт рухомого складу, оплату праці персоналу та інші експлуатаційні витрати.



Рисунок 1.5 - Економічні показники оцінки транспортного процесу

Доходи від перевезень визначаються обсягом пасажирських перевезень та тарифною політикою транспортного підприємства. Рівень доходів впливає на можливість оновлення рухомого складу, модернізації інфраструктури та підвищення якості транспортного обслуговування.

Рентабельність перевезень характеризує економічну результативність діяльності транспортного підприємства та визначається співвідношенням прибутку до витрат. Низький рівень рентабельності є однією з основних проблем функціонування міського пасажирського транспорту.

Продуктивність рухомого складу визначається обсягом транспортної роботи, виконаної одним транспортним засобом за певний період часу.

Підвищення продуктивності сприяє більш раціональному використанню транспортних ресурсів.

Соціальні показники характеризують рівень задоволення потреб населення у транспортному обслуговуванні. Важливим показником є транспортна доступність, яка визначає можливість населення швидко та зручно дістатися до необхідних об'єктів міської інфраструктури (рис. 1.6).

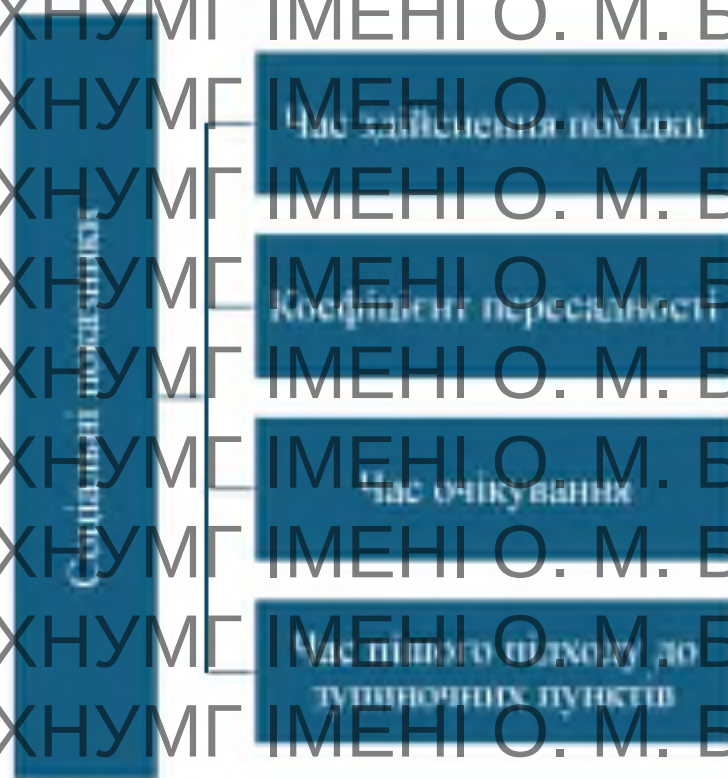


Рисунок 1.6 Соціальні показники оцінки транспортного процесу

Комфортність перевезень залежить від рівня завантаження транспортних засобів, технічного стану рухомого складу, наявності кондиціювання, рівня шуму та вібрації. Підвищення комфортності перевезень сприяє зростанню привабливості громадського транспорту.

Безпека перевезень є одним із найважливіших показників функціонування транспортної системи. Вона характеризується рівнем аварійності, технічним станом транспортних засобів та дотриманням правил дорожнього руху.

Час очікування транспортного засобу та загальна тривалість поїздки безпосередньо впливають на рівень задоволеності пасажирів транспортним обслуговуванням. Зменшення часу поїздки є одним із головних напрямів удосконалення міських транспортних систем [12, 13].

Міський транспорт є одним із основних джерел забруднення навколишнього середовища. Екологічні показники характеризують рівень негативного впливу транспортної системи на атмосферне повітря, рівень шуму та енергоспоживання [14–16].

До основних екологічних показників належать обсяг викидів шкідливих речовин, рівень шумового навантаження та енергосфоктивність транспортних засобів. Використання екологічно чистих видів транспорту, таких як електробуси та тролейбуси, дозволяє суттєво знизити негативний вплив транспорту на довкілля [14–16].

На ефективність функціонування міських пасажирських перевезень впливає велика кількість факторів, які можна поділити на технічні, організаційні, економічні, соціальні та зовнішні.

До технічних факторів належать технічний стан рухомого складу, рівень розвитку транспортної інфраструктури, пропускна спроможність вулично-дорожньої мережі та рівень автоматизації управління транспортним процесом. Вношністі рухомого складу призводить до збільшення кількості технічних несправностей, зниження регулярності руху та підвищення експлуатаційних витрат.

Організаційні фактори пов'язані із побудовою маршрутної мережі, режимами роботи маршрутів, інтервалами руху та організацією диспетчерського управління. Рациональна організація маршрутної системи

16  
дозволяє скоротити дублювання маршрутів та оптимізувати розподіл пасажиропотоків.

Економічні фактори включають рівень фінансування транспортної галузі, тарифну політику, вартість паливно-енергетичних ресурсів та рівень доходів населення. Недостатнє фінансування часто є причиною погіршення технічного стану транспортної інфраструктури та зниження якості перевезень.

Соціальні фактори пов'язані із демографічною структурою населення, рівнем мобільності населення та транспортною поведінкою пасажирів. Зміни у структурі пасажиропотоків потребують адаптації маршрутної мережі та режимів роботи транспорту.

До зовнішніх факторів належать природні умови, дорожньо-транспортні пригоди, рівень автомобілізації населення та загальний стан транспортної системи міста. Зростання кількості приватних автомобілів призводить до збільшення транспортних заторів та зниження швидкості руху громадського транспорту.

Для оцінки ефективності функціонування системи міських пасажирських перевезень використовуються різноманітні методи аналізу, які дозволяють комплексно оцінити рівень транспортного обслуговування населення.

Одним із найбільш поширених методів є статистичний аналіз, який базується на обробці даних про обсяги перевезень, пасажиробіг, швидкість руху та інші показники. Статистичні методи дозволяють виявити тенденції розвитку транспортної системи та оцінити ефективність прийнятих управлінських рішень.

Методи математичного моделювання використовуються для прогнозування розвитку пасажиропотоків, оптимізації маршрутної мережі та визначення раціональних параметрів роботи транспорту. Застосування математичних моделей дозволяє оцінити вплив різних факторів на ефективність функціонування транспортної системи.

Важливим методом є натурні обстеження пасажиропотоків, під час яких визначається кількість пасажирів, що користуються певними маршрутами, рівень завантаження транспортних засобів та інтенсивність пасажирообміну на зупиночних пунктах [1-5].

Сучасні інформаційні технології дозволяють використовувати GPS-моніторинг та автоматизовані системи збору даних для оцінки ефективності перевезень у реальному часі. Використання цифрових технологій забезпечує більш точний контроль роботи маршрутної системи та підвищує оперативність управління транспортним процесом.

Підвищення ефективності функціонування міського пасажирського транспорту є одним із пріоритетних напрямів розвитку сучасних міст. Одним із головних заходів є оптимізація маршрутної мережі, яка передбачає усунення дублювання маршрутів, скорочення надлишкових транспортних зв'язків та підвищення рівня транспортної доступності.

Важливим напрямом є оновлення рухомого складу та впровадження сучасних транспортних засобів із підвищеними показниками енергоефективності та комфортності. Використання електробусів, тролейбусів та гібридного транспорту сприяє зменшенню негативного впливу транспорту на довкілля [6, 8].

Удосконалення організації дорожнього руху також є важливим фактором підвищення ефективності перевезень. Виділення окремих смуг для громадського транспорту дозволяє підвищити швидкість сполучення та скоротити час поїздки пасажирів.

Впровадження інтелектуальних транспортних систем забезпечує автоматизацію управління рухом транспортних засобів, контроль дотримання графіків руху та оперативне реагування на зміни транспортної ситуації.

Підвищення рівня інформування пасажирів є важливим елементом покращення якості транспортного обслуговування. Використання електронних таблиць, мобільних додатків та систем онлайн-моніторингу руху транспорту дозволяє пасажирам більш ефективно планувати свої поїздки.

У сучасних умовах розвиток міського пасажирського транспорту характеризується переходом до концепції сталого розвитку транспортних систем. Основною метою є забезпечення високого рівня мобільності населення при мінімізації негативного впливу транспорту на довкілля [14-16].

Однією із ключових тенденцій є електрифікація міського транспорту. Використання електробусів та інших видів електричного транспорту дозволяє знизити рівень викидів шкідливих речовин [14-16] та підвищити енергоефективність перевезень.

Активно впроваджуються цифрові технології управління транспортними потоками. Інтелектуальні транспортні системи забезпечують автоматизований контроль руху, оптимізацію маршрутної мережі та підвищення безпеки перевезень.

Розвиток концепції «розумного міста» передбачає інтеграцію транспортної системи з іншими елементами міської інфраструктури. Використання великих масивів даних та систем штучного інтелекту дозволяє підвищити ефективність управління міськими перевезеннями.

Важливим напрямом розвитку є підвищення рівня доступності транспорту для маломобільних груп населення. Сучасний рухомий склад обладнується спеціальними пристроями для перевезення осіб з інвалідністю, що сприяє підвищенню соціальної ефективності транспортної системи.

## **1.2. Характеристика пасажирської транспортної системи району**

Холодногірський район розташований (рис. 1.7), у північно-західній частині міста Харкова та є одним із наслідних адміністративних районів міста. Площа району становить 35,4 км<sup>2</sup>, а чисельність населення – близько 82,5 тис. осіб. Район характеризується вигідним транспортно-географічним положенням і виконує важливу роль у забезпеченні транспортних зв'язків між центральною частиною міста та його західними територіями [16].



Рисунок 1.7 – Холодногірський район на карті міста

Північна територія району межує з коловотою дорогою міста, західна його частина має «вихід» на автомагістраль Е105 Харків – Київ, південна частина району обмежена вул. Іполитівський Шлях, східна частина району обмежена річкою Лопань.

На території Холодногірського району знаходяться історично сформовані райони: Залютине, Холодна Гора, Вокзал, Гнівка, Лиса Гора, Іванівка, Полівка, Таборове, Нахалівка, Сортувальня.

На території району проходить одна з найстаріших магістралей Харкова – вулиця Подтавський Плях, протяжність якої складає близько 6,5 км. Вулиця забезпечує транспортне сполучення центральної частини міста з Південним вокзалом, районами Холодна Гора та Залютине. Особливістю її розташування є проходження вздовж межі адміністративних районів міста: парна сторона вулиці належить до Холодногірського району, тоді як непарна – до Новобаварського району [16].

Холодногірський район характеризується розвинутою транспортною інфраструктурою та є одним із важливих транспортних об'єктів міста Харкова. На території району розташовані дві великі залізничні станції – Харків-Пасажирський та Харків-Сортувальний. Станція Харків-Пасажирський є одним із ключових об'єктів транспортної системи міста та виконує функцію головного залізничного вокзалу Харкова [16].

Крім того, у межах району функціонують три станції Харківського метрополітену: «Холодна Гора», «Центральний ринок» та «Південний вокзал», які забезпечують високий рівень транспортної доступності населення. Важливу роль у системі приміських пасажирських перевезень також відіграють автобусні станції «Суздальські ряди», «Привокзальна площа», «Центральний ринок» та автостанція у пров. Пискунівський. На території району також розміщені адміністративні управління південної залізниці та харківського метрополітену [16].

Існуючі траси маршрутів трамваїв, тролейбусів, автобусів представимо графічно у вигляді рис. 1.8.

Представлені траси маршрутів візуально дозволяють оцінити покриття маршрутами маршрутною системою. Додатково до цього представимо траси маршрутів в табл. 1.1. Із результати графічного та табличного представлення існуючих трас маршрутів масмо 7 трамвайних маршрутів, які частково або повністю прямують територією Холодногірського району, 2 тролейбусні маршрути та 14 автобусних маршрутів. На період війни оплата проїзду в маршрутних транспортних засобах скасована при проїзді муніципальними

маршрутами. Однак поряд з цим, функціонують приватні перевізники, які відповідно стягують оплату за проїзд. Це маршрути 61е, 250е, 258е, 270е, 277е, де встановлена вартість проїзду 30 грн./поїздка та їх обслуговує ТОВ «Експрес».



Рисунок 1.8 – Існуючі траси маршрутів трамваїв, тролейбусів, автобусів

Інформація щодо проходження шляхів маршрутів по території району є необхідною для створення схеми маршрутної мережі. Пересічення маршрутів на транспортній мережі району дає можливість визначити точки розгалуження маршрутів, і розмістити в цих точках вузли маршрутної мережі. Також вузли маршрутної мережі розташовуються на кінцевих зупиночних пунктах маршрутів та в місцях значного пасажирообміну зупиночних пунктів.

Таблиця 4.1 – Існуючі траси маршрутів Холодногірського району м. Харкова

| №<br>п/п           | Номер | Траса маршруту                                                                                                                        | Режим<br>роботи | Інтервал<br>руху, хв. |
|--------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------|
| 1                  | 2     | 3                                                                                                                                     | 4               | 5                     |
| Трамвайні маршрути |       |                                                                                                                                       |                 |                       |
| 1                  | 1     | Іванівка – вул. В. Панасівська – вул. Є. Котляра – вокзал «Харків Пасажирський»                                                       | 06:15-<br>18:30 | 15-40                 |
| 2                  | 3     | вул. Полтавський Шлях – вул. Запорожська – Запорожжя                                                                                  | 05:45-<br>21:35 | 15-20                 |
| 3                  | 5     | вокзал «Харків Пасажирський» – вул. С. Котляра – вул. Полтавський Шлях                                                                | 06:10-<br>19:15 | 15-30                 |
| 4                  | 6     | вокзал «Харків Пасажирський» – вул. С. Котляра – вул. Полтавський Шлях                                                                | 06:20-<br>21:00 | 10-20                 |
| 5                  | 7     | вокзал «Харків Пасажирський» – вул. С. Котляра – вул. Полтавський Шлях –<br>бульв. Гончарівський                                      | 06:15-<br>19:20 | 20-30                 |
| 6                  | 12    | пр-д. Рогатинський – пров. Пискунівський – пров. Лосівський – вул. В. Панасівська –<br>вул. С. Котляра – вокзал «Харків Пасажирський» | 06:00-<br>22:00 | 15-20                 |

Продовження табл. 1.1

| 1                    | 2   | 3                                                                                                                                                                                                                                                                    | 4           | 5      |
|----------------------|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------|
| 7                    | 20  | проїзд Рогатинський – пров. Пискунівський – пров. Лосівський – вул. В. Панасівська – вул. С. Котляра – вокзал «Харків Пасажирський»                                                                                                                                  | 05:50-22:00 | 10-15  |
| Маршрути тролейбусів |     |                                                                                                                                                                                                                                                                      |             |        |
| 8                    | 11  | вул. С. Котляра – вул. Благовіщенська – вул. Коларська – м-н. Благовіщенський                                                                                                                                                                                        | 06:40-18:20 | 20-30  |
| 9                    | 27  | вул. Новий Побут – вул. Холодногірська                                                                                                                                                                                                                               | 06:20-20:40 | 15-40  |
| Маршрути автобусів   |     |                                                                                                                                                                                                                                                                      |             |        |
| 10                   | 57  | вул. Подтавський Шлях – вул. Чоботарська – ст. м. «Центральний ринок»                                                                                                                                                                                                | 06:30-19:00 | 80-120 |
| 11                   | 58  | пр. Слави – вул. Золочівська – пров. Афанасівський – вул. Барикадна – вул. Холодногірська – вул. Полтавський Шлях                                                                                                                                                    | 06:30-18:05 | 70-90  |
| 12                   | 61e | пр. Слави – вул. Золочівська – пров. Афанасівський – вул. Барикадна – вул. Холодногірська – вул. Новий Побут – вул. Ткаченківська – вул. Курилівська – вул. Кузінська – Кузінський шляхопровід – вул. В. Панасівська – вул. Чоботарська – ст. м. «Центральний ринок» | 06:10-20:00 | 10-40  |

Продовження табл. 1.1

| 1  | 2   | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 4           | 5     |
|----|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------|
| 13 | 67  | вул. Чоботарська – ст. м. «Центральний ринок»                                                                                                                                                                                                                                        | 06:30-18:45 | 80-96 |
| 14 | 72  | пр. Слави – вул. Золочівська – пров. Афанасівський – вул. Барикадна – вул. Холодногірська – вул. Новий Побут – вул. Ткачівська – вул. Курилівська – вул. Кузінська – Кузінський шлях – пров. – вул. В. Панасівська – вул. С. Котляра – вул. Чоботарська – ст. м. «Центральний ринок» | 06:40-19:30 | 40-90 |
| 15 | 77  | Повоіванівський міст – вул. В. Панасівська – вул. С. Котляра – м-н. Привокзальний                                                                                                                                                                                                    | 06:30-18:30 | 60-80 |
| 16 | 99  | Медичний коледж – пров. Савченків – вул. Таборова – пров. Афанасівський – вул. Барикадна – вул. Холодногірська – вул. Полтавський Шлях – ст. м. «Холодна Гора»                                                                                                                       | 06:30-20:00 | 35-40 |
| 17 | 109 | вул. Полтавський Шлях – вул. Чоботарська – ст. м. «Центральний ринок»                                                                                                                                                                                                                | 06:30-19:05 | 40-55 |
| 18 | 140 | Завод керамічних труб – вул. Беркоса – Данилівський шляхопровід – вул. В. Панасівська – вул. Чоботарська – ст. м. «Центральний ринок»                                                                                                                                                | 06:30-22:00 | 30-60 |
| 19 | 243 | Залютине – вул. І. Муратова – пров. І - й Золочівський – вул. Золочівська – вул. Залютинська – вул. Полтавський Шлях – ст. м. «Холодна Гора»                                                                                                                                         | 06:30-19:30 | 50-55 |

Продовження табл. 1.1

| 1  | 2    | 3                                                                                                                                                                                                                   | 4           | 5     |
|----|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------|
| 20 | 250e | вул. Беркоса – Данилівський шляхопровід – вул. В. Панасівська – вул. Є. Котляра – м-н. Привокзальний                                                                                                                | 06:00-20:00 | 20-60 |
| 21 | 258с | пр. Слави – вул. Золочівська – пров. Афанасівський – вул. Барикадна – вул. Холодногірська – вул. Полтавський Шлях                                                                                                   | 06:40-19:00 | 20-75 |
| 22 | 270e | пр. Слави – вул. Золочівська – пров. Афанасівський – вул. Барикадна – вул. Холодногірська – вул. Н. Шобул – вул. Іванченківська – вул. Курилівська – вул. Кузінська – Кузінський шляхопровід – Новоіванівський міст | 06:45-20:30 | 25-45 |
| 23 | 277e | Новоіванівський міст – вул. В. Панасівська – вул. Є. Котляра – Привокзальний майдан                                                                                                                                 | 06:30-19:00 | 30-60 |

З урахуванням того, в зоні перехрестя може розташовуватися декілька проміжних зупиночних пунктів, опис маршрутної мережі не вимагає створювати вузли для кожного зупиночного пункту (рис. 1.9), тобто декілька зупиночних пунктів описуються просторовим розташуванням вузла топологічної схеми.



Рисунок 1.9 – Вузли маршрутної мережі району

Вузли маршрутної мережі мають окрім просторового розташування ще смислові характеристики. Сміслові характеристики вузлів маршрутної мережі вказують на значення попиту на пересування на маршрутах системи (табл. 1.2) в кожній точці розташування вузла мережі, який є умовним центром транспортного району.

Таблиця 1.2 Значення попиту на пересування на маршрутах системи

| №  | Місцезнаходження вузла маршрутної мережі  | Відправлення, пас. | Прибуття, пас. |
|----|-------------------------------------------|--------------------|----------------|
| 1  | ст. м. Вокзальна                          | 5387               | 4975           |
| 2  | бульв. Гончарівський                      | 264                | 507            |
| 3  | вул. Полтавський Шлях                     | 1881               | 2056           |
| 4  | ст. м. Холодна Гора                       | 2693               | 2441           |
| 5  | вул. Золочівська                          | 994                | 606            |
| 6  | вул. Залютинська                          | 684                | 858            |
| 7  | вул. Золочівська                          | 798                | 353            |
| 8  | пр. Слави                                 | 1018               | 644            |
| 9  | пров. 1-й Золочівський – вул. Золочівська | 67                 | 53             |
| 10 | вул. І. Муратова                          | 105                | 61             |
| 11 | пров. Афанасіївський – вул. Таборова      | 30                 | 27             |
| 12 | Меличний Колодж                           | 134                | 72             |
| 13 | пров. Афанасіївський – вул. Барикадна     | 59                 | 41             |
| 14 | вул. Барикадна                            | 74                 | 53             |
| 15 | вул. Холоднірська                         | 166                | 323            |
| 16 | вул. Курилівська                          | 51                 | 27             |
|    | вул. Ткаченківська                        |                    |                |

Продовження табл. 1.2

| 1  | 2                                         | 3     | 4     |
|----|-------------------------------------------|-------|-------|
| 17 | вул. Кузінська –<br>Кузінський міст       | 34    | 33    |
| 18 | Новоіванівський міст                      | 80    | 129   |
| 19 | вул. В. Панасівська                       | 1683  | 2029  |
| 20 | Новоіванівський міст<br>вул. Лозівська    | 254   | 331   |
| 21 | вул. В. Панасівська –                     |       |       |
| 21 | вул. Беркоса                              | 89    | 125   |
| 22 | вул. В. Панасівська<br>вул. Беркоса       | 91    | 70    |
| 23 | вул. Беркоса                              | 127   | 102   |
| 24 | вул. Чоботарська<br>вул. Є. Котляра       | 36    | 49    |
| 25 | прод. Пискунівський                       | 1450  | 1281  |
| 26 | ст. м. Центральний Ринок                  | 1772  | 1603  |
| 27 | м-п. Благовіщенський                      | 745   | 1215  |
| 28 | вул. Конарська                            | 85    | 99    |
| 29 | вул. С. Котляра                           |       |       |
| 29 | вул. Дмитрівська – вул.<br>Благовіщенська | 77    | 146   |
| 30 | вул. Лосівська                            |       |       |
| 30 | вул. В. Панасівська                       | 52    | 81    |
|    | Всього, пас.                              | 20970 | 20970 |



Рисунок 1.10 - Схема маршрутної мережі району

Для можливості організації руху пасажирських транспортних засобів, рух повинен відбуватися перегонами існуючих маршрутів. Тому виконується з'єднання вузлів маршрутної мережі відповідними ділянками (табл. 1.3), що дає змогу завершити створення схеми маршрутної мережі (рис. 1.10).

Таблиця 1.3 Характеристика дуг маршрутної мережі Холодногірського району м. Харкова

| Дуга мережі | Види маршрутного транспорту | Довжина дуги, м. | Кількість смуг руху, од. |
|-------------|-----------------------------|------------------|--------------------------|
| 1           | 2                           | 3                | 4                        |
| 4-5         | Bus, Tram, Trolley          | 2039             | 3                        |
| 5-4         | Bus, Tram, Trolley          | 2039             | 3                        |
| 1-4         | Bus, Tram, Trolley          | 2318             | 3                        |
| 4-1         | Bus, Tram, Trolley          | 2318             | 3                        |
| 18-19       | Bus, Tram, Trolley          | 578              | 3                        |
| 19-18       | Bus, Tram, Trolley          | 578              | 3                        |
| 5-6         | Bus, Tram, Trolley          | 384              | 2                        |
| 6-5         | Bus, Tram, Trolley          | 384              | 2                        |
| 4-14        | Bus, Tram, Trolley          | 487              | 2                        |
| 14-4        | Bus, Tram, Trolley          | 487              | 2                        |
| 14-15       | Bus, Tram, Trolley          | 2532             | 2                        |
| 15-14       | Bus, Tram, Trolley          | 2532             | 2                        |
| 17-18       | Bus, Tram, Trolley          | 554              | 2                        |
| 18-17       | Bus, Tram, Trolley          | 554              | 2                        |
| 1-28        | Bus, Tram, Trolley          | 545              | 2                        |
| 28-1        | Bus, Tram, Trolley          | 545              | 2                        |
| 24-28       | Bus, Tram, Trolley          | 255              | 2                        |
| 28-24       | Bus, Tram, Trolley          | 255              | 2                        |
| 18-24       | Bus, Tram, Trolley          | 493              | 2                        |
| 24-18       | Bus, Tram, Trolley          | 493              | 2                        |
| 18-20       | Bus, Tram, Trolley          | 1104             | 2                        |
| 20-18       | Bus, Tram, Trolley          | 1104             | 2                        |
| 18-30       | Bus, Tram, Trolley          | 813              | 2                        |

Продовження табл. 1.3

| 1     | 2                  | 3    | 4 |
|-------|--------------------|------|---|
| 30-18 | Bus, Tram, Trolley | 813  | 2 |
| 25-30 | Bus, Tram, Trolley | 551  | 2 |
| 30-25 | Bus, Tram, Trolley | 551  | 2 |
| 27-28 | Bus, Tram, Trolley | 1349 | 2 |
| 28-27 | Bus, Tram, Trolley | 1349 | 2 |
| 1-2   | Bus, Tram, Trolley | 320  | 2 |
| 2-1   | Bus, Tram, Trolley | 320  | 2 |
| 2-3   | Bus, Tram, Trolley | 1032 | 2 |
| 3-2   | Bus, Tram, Trolley | 1032 | 2 |
| 5-7   | Bus, Tram, Trolley | 1092 | 1 |
| 7-5   | Bus, Tram, Trolley | 1092 | 1 |
| 7-8   | Bus, Tram, Trolley | 412  | 1 |
| 8-7   | Bus, Tram, Trolley | 412  | 1 |
| 7-9   | Bus, Tram, Trolley | 362  | 1 |
| 9-7   | Bus, Tram, Trolley | 362  | 1 |
| 9-10  | Bus, Tram, Trolley | 1117 | 1 |
| 10-9  | Bus, Tram, Trolley | 1117 | 1 |
| 9-11  | Bus, Tram, Trolley | 518  | 1 |
| 11-9  | Bus, Tram, Trolley | 518  | 1 |
| 11-12 | Bus, Tram, Trolley | 1201 | 1 |
| 12-11 | Bus, Tram, Trolley | 1201 | 1 |
| 11-13 | Bus, Tram, Trolley | 571  | 1 |
| 13-11 | Bus, Tram, Trolley | 571  | 1 |
| 13-14 | Bus, Tram, Trolley | 1415 | 1 |
| 14-13 | Bus, Tram, Trolley | 1415 | 1 |
| 15-16 | Bus, Tram, Trolley | 665  | 1 |

Продовження табл. 1.3

| 1     | 2                  | 3    | 4 |
|-------|--------------------|------|---|
| 16-15 | Bus, Tram, Trolley | 665  | 1 |
| 16-17 | Bus, Tram, Trolley | 1798 | 1 |
| 17-16 | Bus, Tram, Trolley | 1798 | 1 |
| 20-21 | Bus, Tram, Trolley | 4062 | 1 |
| 21-20 | Bus, Tram, Trolley | 4062 | 1 |
| 21-22 | Bus, Tram, Trolley | 352  | 1 |
| 22-21 | Bus, Tram, Trolley | 352  | 1 |
| 21-23 | Bus, Tram, Trolley | 2449 | 1 |
| 23-21 | Bus, Tram, Trolley | 2449 | 1 |
| 24-26 | Bus, Tram, Trolley | 665  | 1 |
| 26-24 | Bus, Tram, Trolley | 665  | 1 |
| 2-29  | Bus, Tram, Trolley | 441  | 1 |
| 29-2  | Bus, Tram, Trolley | 441  | 1 |
| 26-29 | Bus, Tram, Trolley | 358  | 1 |
| 29-26 | Bus, Tram, Trolley | 358  | 1 |
| 26-30 | Bus, Tram, Trolley | 298  | 1 |
| 30-26 | Bus, Tram, Trolley | 298  | 1 |

### 1.3 Висновки по розділу

Перший розділ роботи присвячений аналізу ефективності пасажирських перевезень. Ефективність перевезень можна оцінити з різних точок зору, але основними показниками ефективності перевезень у багатьох дослідженнях вважаються соціальні, економічні, екологічні та техніко-експлуатаційні показники.

Надана характеристика пасажирської транспортної системи району, проаналізований існуючий стан функціонування маршрутної системи, що складається з сімох трамвайних маршрутів, двох тролейбусних та чотирнадцяти автобусних маршрутів. Сформована топологічна схема маршрутної мережі з сумарним попитом 26970 пас. Визначені характеристики ділянок маршрутної мережі, що обслуговують три види маршрутного пасажирського транспорту. Ділянки маршрутної мережі мають різну кількість смуг руху та різну довжину.

## РОЗДІЛ 2

# **ФОРМУВАННЯ ПАСАЖИРОПОТОКІВ НА ІСНУЮЧИХ МАРШРУТАХ**

Сформувані пасажиропотоки на маршрутах можна шляхом створення моделі маршрутної системи. Модель формуємо, зазначаючи перевізників, що обслуговують маршрути. Перевізниками в даному випадку будуть наступні:

ККП «Міське електротрансєрвіс» та ТОВ «Експрес».

ККП «Міське електротрансєрвіс» об'єднує управління перевізниками

КП «Салтівське трамвайне депо», КП «Жовтєве трамвайне депо»,

КП «Тролейбусне депо №2» та КП «Тролейбусне депо №3». Зазначені

перевізники представлені на рис. 2.1.



Рисунок 2.1 – Перевізники, що обслуговують маршрути

Використовуючи сервіс «Харків транспортний» [17] визначасмо марки транспортних засобів, що працюють на маршрутах. Згідно цього є можливість визначити місткості транспортних засобів (рис. 2.2).

Окрім транспортних вузлів, в маршрутній системі району повинні бути сформовані зупиночні пункту, на яких здійснюється висадка та посадка пасажирів в транспортні засоби на маршрути, що «обслуговують» конкретний зупиночний пункт (рис. 2.3).

Front vehicle unit 7

Number  
Code

Name

Basic

Transport systems

Powered

Capacities

Total capacity

Seat capacity

3

Tatra T6A6

Basic

Tram

Powered

Capacities

Total capacity

Seat capacity

16.7

31

Left vehicle unit 6

Number  
Code

Name

Basic

Transport systems

Powered

Capacities

Total capacity

Seat capacity

6

Bohemia 29

Basic

F Bus

Powered

Capacities

Total capacity

Seat capacity

40

24

Front vehicle unit 7

Number  
Code

Name

Basic

Transport systems

Powered

Capacities

Total capacity

Seat capacity

12

Solana Urbino

Basic

F Bus

Powered

Capacities

Total capacity

Seat capacity

105

32

Рисунок 2.2 Місткості транспортних засобів



Рисунок 2.3 – Розташування зупиночних пунктів в маршрутній системі

Після формування зупинних пунктів, створюються маршрути із вказанням перовизника, системи транспорту та транспортного засобу, що працює на маршруті. З урахуванням того, що характеристики транспортних засобів були зазначені раніше, при створенні маршруту програма «розуміє», яка номінальна місткість транспортного засобу буде використовуватися на конкретному маршруті перевезень.

Після створення маршрутів, необхідно створити рейси в прямому та зворотному напрямках (рис. 2.4). За замовчанням в теорії організації процесу пасажирських перевезень, прямим напрямком рейсу вважається рейс, що прямує в бік центру міста, зворотним рейс в зворотному напрямку.

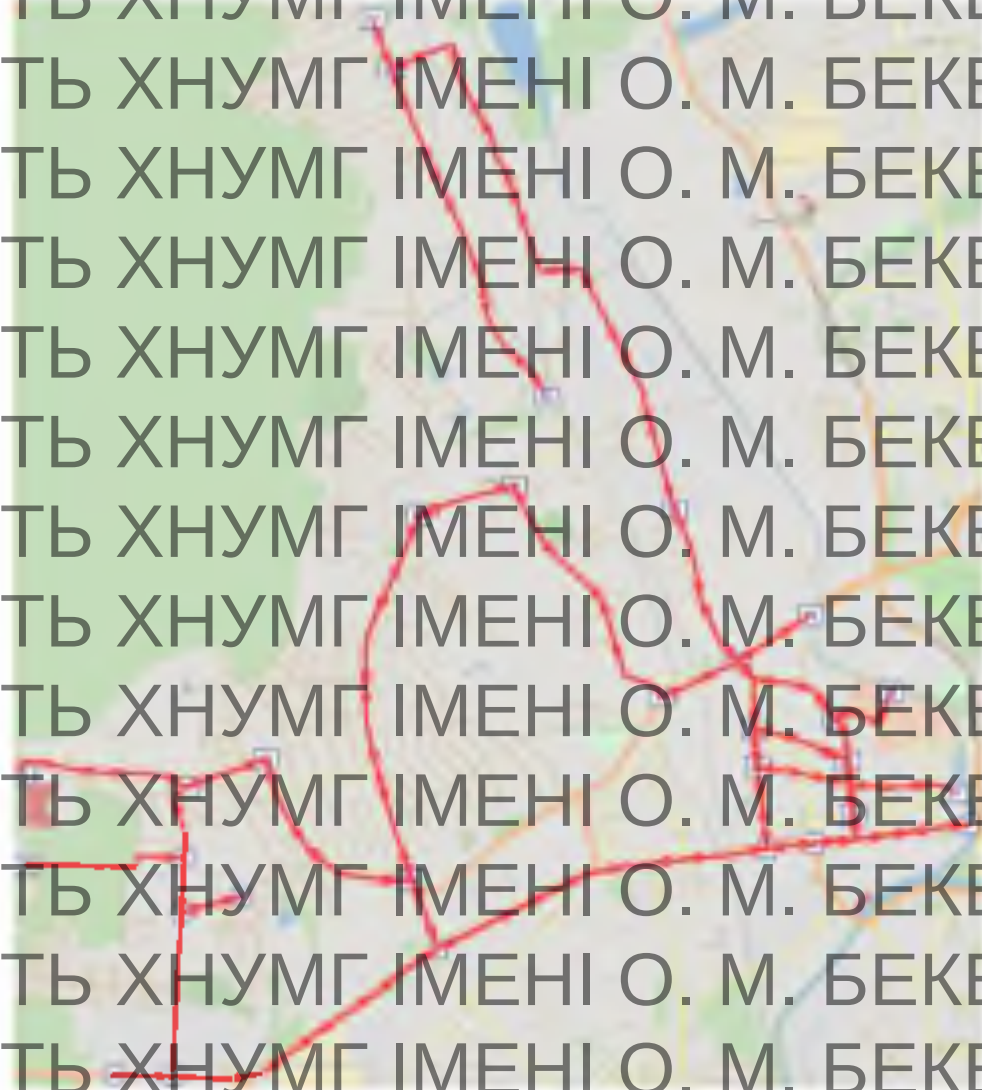


Рисунок 2.4 – Маршрути та рейси в маршрутній системі

Після виконання зазначених вище дій, для трас маршрутів, і, відповідно рейсів, створюються поїздки за розкладом. При створенні поїздок за розкладом на маршрутах, до уваги береться значення інтервалів руху, що були зазначені при аналізі трас існуючих маршрутів. Оскільки моделювання відбувається для ранкового періоду пік, то значення інтервалів приймається, як найменше значення діапазону зміни інтервалу руху з аналізу трас існуючих маршрутів. В результаті створюється розклад руху в табличній формі (рис. 2.5).

| Маршрут | Рейс | Відправлення | Прибуття | Інтервал |
|---------|------|--------------|----------|----------|
| 1       | 1    | 07:00        | 07:15    | 15       |
| 1       | 2    | 07:15        | 07:30    | 15       |
| 1       | 3    | 07:30        | 07:45    | 15       |
| 1       | 4    | 07:45        | 08:00    | 15       |
| 1       | 5    | 08:00        | 08:15    | 15       |
| 1       | 6    | 08:15        | 08:30    | 15       |
| 1       | 7    | 08:30        | 08:45    | 15       |
| 1       | 8    | 08:45        | 09:00    | 15       |
| 1       | 9    | 09:00        | 09:15    | 15       |
| 1       | 10   | 09:15        | 09:30    | 15       |
| 1       | 11   | 09:30        | 09:45    | 15       |
| 1       | 12   | 09:45        | 10:00    | 15       |
| 1       | 13   | 10:00        | 10:15    | 15       |
| 1       | 14   | 10:15        | 10:30    | 15       |
| 1       | 15   | 10:30        | 10:45    | 15       |
| 1       | 16   | 10:45        | 11:00    | 15       |
| 1       | 17   | 11:00        | 11:15    | 15       |
| 1       | 18   | 11:15        | 11:30    | 15       |
| 1       | 19   | 11:30        | 11:45    | 15       |
| 1       | 20   | 11:45        | 12:00    | 15       |
| 1       | 21   | 12:00        | 12:15    | 15       |
| 1       | 22   | 12:15        | 12:30    | 15       |
| 1       | 23   | 12:30        | 12:45    | 15       |
| 1       | 24   | 12:45        | 13:00    | 15       |
| 1       | 25   | 13:00        | 13:15    | 15       |
| 1       | 26   | 13:15        | 13:30    | 15       |
| 1       | 27   | 13:30        | 13:45    | 15       |
| 1       | 28   | 13:45        | 14:00    | 15       |
| 1       | 29   | 14:00        | 14:15    | 15       |
| 1       | 30   | 14:15        | 14:30    | 15       |
| 1       | 31   | 14:30        | 14:45    | 15       |
| 1       | 32   | 14:45        | 15:00    | 15       |
| 1       | 33   | 15:00        | 15:15    | 15       |
| 1       | 34   | 15:15        | 15:30    | 15       |
| 1       | 35   | 15:30        | 15:45    | 15       |
| 1       | 36   | 15:45        | 16:00    | 15       |
| 1       | 37   | 16:00        | 16:15    | 15       |
| 1       | 38   | 16:15        | 16:30    | 15       |
| 1       | 39   | 16:30        | 16:45    | 15       |
| 1       | 40   | 16:45        | 17:00    | 15       |
| 1       | 41   | 17:00        | 17:15    | 15       |
| 1       | 42   | 17:15        | 17:30    | 15       |
| 1       | 43   | 17:30        | 17:45    | 15       |
| 1       | 44   | 17:45        | 18:00    | 15       |
| 1       | 45   | 18:00        | 18:15    | 15       |
| 1       | 46   | 18:15        | 18:30    | 15       |
| 1       | 47   | 18:30        | 18:45    | 15       |
| 1       | 48   | 18:45        | 19:00    | 15       |
| 1       | 49   | 19:00        | 19:15    | 15       |
| 1       | 50   | 19:15        | 19:30    | 15       |
| 1       | 51   | 19:30        | 19:45    | 15       |
| 1       | 52   | 19:45        | 20:00    | 15       |
| 1       | 53   | 20:00        | 20:15    | 15       |
| 1       | 54   | 20:15        | 20:30    | 15       |
| 1       | 55   | 20:30        | 20:45    | 15       |
| 1       | 56   | 20:45        | 21:00    | 15       |
| 1       | 57   | 21:00        | 21:15    | 15       |
| 1       | 58   | 21:15        | 21:30    | 15       |
| 1       | 59   | 21:30        | 21:45    | 15       |
| 1       | 60   | 21:45        | 22:00    | 15       |
| 1       | 61   | 22:00        | 22:15    | 15       |
| 1       | 62   | 22:15        | 22:30    | 15       |
| 1       | 63   | 22:30        | 22:45    | 15       |
| 1       | 64   | 22:45        | 23:00    | 15       |
| 1       | 65   | 23:00        | 23:15    | 15       |
| 1       | 66   | 23:15        | 23:30    | 15       |
| 1       | 67   | 23:30        | 23:45    | 15       |
| 1       | 68   | 23:45        | 24:00    | 15       |
| 1       | 69   | 24:00        | 24:15    | 15       |
| 1       | 70   | 24:15        | 24:30    | 15       |
| 1       | 71   | 24:30        | 24:45    | 15       |
| 1       | 72   | 24:45        | 25:00    | 15       |
| 1       | 73   | 25:00        | 25:15    | 15       |
| 1       | 74   | 25:15        | 25:30    | 15       |
| 1       | 75   | 25:30        | 25:45    | 15       |
| 1       | 76   | 25:45        | 26:00    | 15       |
| 1       | 77   | 26:00        | 26:15    | 15       |
| 1       | 78   | 26:15        | 26:30    | 15       |
| 1       | 79   | 26:30        | 26:45    | 15       |
| 1       | 80   | 26:45        | 27:00    | 15       |
| 1       | 81   | 27:00        | 27:15    | 15       |
| 1       | 82   | 27:15        | 27:30    | 15       |
| 1       | 83   | 27:30        | 27:45    | 15       |
| 1       | 84   | 27:45        | 28:00    | 15       |
| 1       | 85   | 28:00        | 28:15    | 15       |
| 1       | 86   | 28:15        | 28:30    | 15       |
| 1       | 87   | 28:30        | 28:45    | 15       |
| 1       | 88   | 28:45        | 29:00    | 15       |
| 1       | 89   | 29:00        | 29:15    | 15       |
| 1       | 90   | 29:15        | 29:30    | 15       |
| 1       | 91   | 29:30        | 29:45    | 15       |
| 1       | 92   | 29:45        | 30:00    | 15       |
| 1       | 93   | 30:00        | 30:15    | 15       |
| 1       | 94   | 30:15        | 30:30    | 15       |
| 1       | 95   | 30:30        | 30:45    | 15       |
| 1       | 96   | 30:45        | 31:00    | 15       |
| 1       | 97   | 31:00        | 31:15    | 15       |
| 1       | 98   | 31:15        | 31:30    | 15       |
| 1       | 99   | 31:30        | 31:45    | 15       |
| 1       | 100  | 31:45        | 32:00    | 15       |

Рисунок 2.5 - Розклад руху в маршрутній системі в табличній формі

Одночасно з розкладом руху в маршрутній системі в табличній формі формується розклад руху маршрутних транспортних засобів в графічній формі (рис. 2.6).

Оскільки за відомого понитту в маршрутній системі, зрозумілим є обсяг відправлення та прибуття в кожному з транспортних районів та в системі загалом, а кореспонденції між районами при цьому невідомі, то наг необхідно розподілу кореспонденцій пасажирів в маршрутній системі.

Більшість алгоритмів розподілу кореспонденцій заснована на методах фізичних аналогій і апробації термодинамічних моделей і моделей розподілу твердих частинок в теорії транспортних процесів.

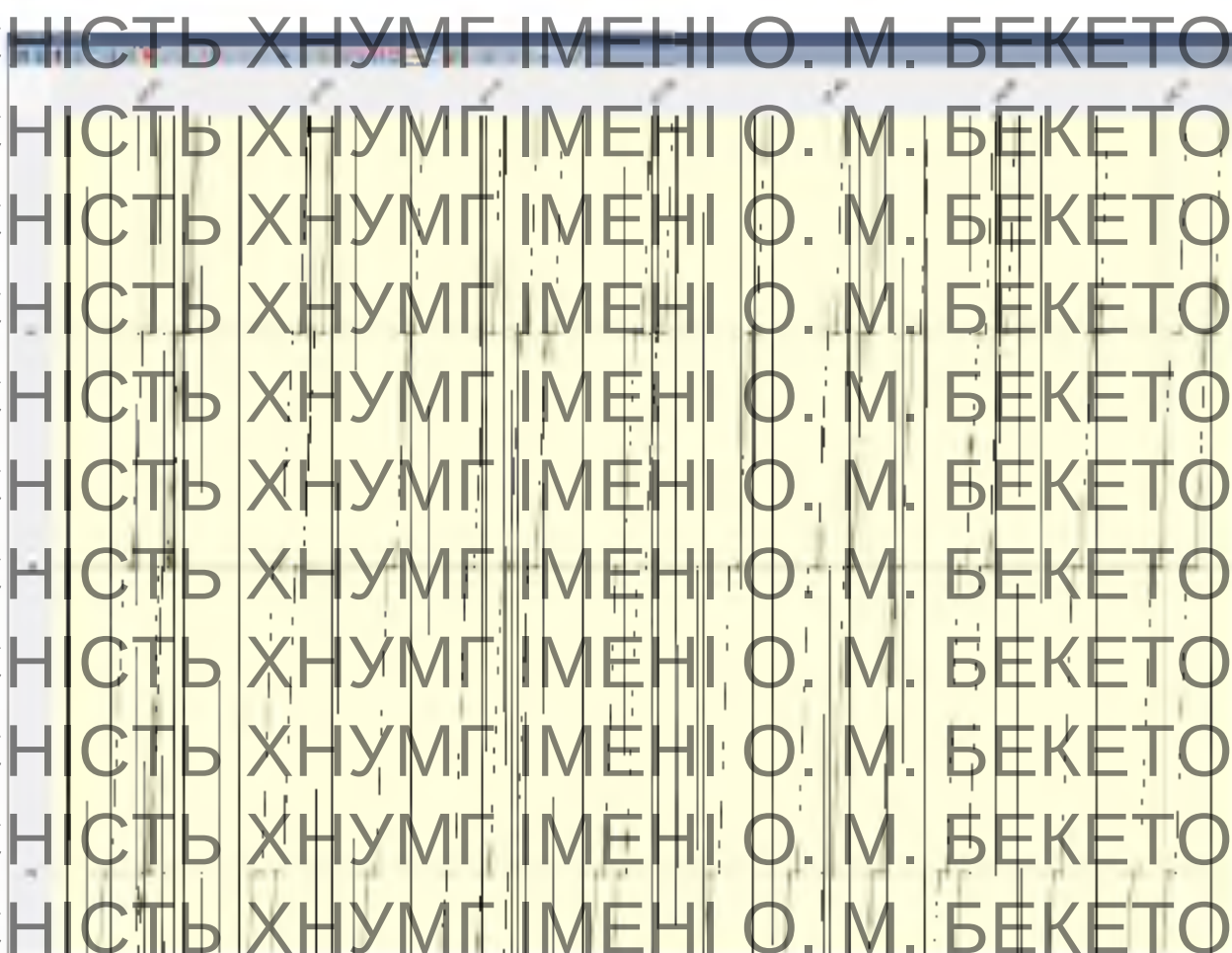


Рисунок 2.6 – Розклад руку на маршрутах в графічній формі

В даному випадку використаємо евристичний підхід до розподілу кореспонденцій за умови використання цільової функції максимізації ентропії, що заснований на відомих відстанях пересувань пасажирів в маршрутній системі. Для цього розрахуємо узагальнену матрицю витрат, що передбачає зніходження відстаней руху, витрат на здійснення поїздки, або часу руху.

Розрахована матриця узагальнених витрат для відстаней руху представлена в табл. А. Додатка та на рис. 2.7.

Використання ентропійного методу балансування матриці кореспонденцій вимагає, згідно алгоритму, визначення калібрувальних коефіцієнтів для кожного з районів. Слід відзначити, що значення калібрувальних коефіцієнтів є взаємопов'язаними (табл. 2.1).

Рисунок 2.7 – Матриця узагальнених витрат для відстаней руху в маршрутній системі

Помилки апроксимації, зазначені в табл. 2.1 вказують на те, що кореспонденції в маршрутній системі будуть розподілені адекватно, згідно відстані пересування в маршрутній мережі та функції опору з показником  $\beta = 0,11$ .

Таблиця 2.1 – Калібрувальні коефіцієнти та похибки відхилення

| Район<br>відправлення/<br>прибуття | Калібрувальний<br>коефіцієнт для<br>району<br>відправлення | Калібрувальний<br>коефіцієнт для<br>району<br>прибуття | Помилка<br>апроксимації<br>району<br>відправлення, % | Помилка<br>апроксимації<br>району<br>прибуття, % |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1                                  | 2                                                          | 3                                                      | 4                                                    | 5                                                |
| 1                                  | 0,0000753                                                  | 1,1331                                                 | 3,66                                                 | 0,00                                             |
| 2                                  | 0,0000581                                                  | 0,8234                                                 | 1,52                                                 | 0,00                                             |
| 3                                  | 0,0000661                                                  | 0,9414                                                 | 1,49                                                 | 0,10                                             |
| 4                                  | 0,0000659                                                  | 0,9459                                                 | 2,19                                                 | 0,08                                             |
| 5                                  | 0,0000731                                                  | 0,9282                                                 | 1,81                                                 | 0,29                                             |
| 6                                  | 0,0000739                                                  | 1,0150                                                 | 1,46                                                 | 0,84                                             |
| 7                                  | 0,0000850                                                  | 1,1379                                                 | 1,25                                                 | 0,85                                             |

Продовження табл. 2.1

| 1  | 2         | 3      | 4    | 5    |
|----|-----------|--------|------|------|
| 8  | 0,0000934 | 1,2409 | 0,49 | 0,00 |
| 9  | 0,0000833 | 1,0769 | 2,99 | 3,77 |
| 10 | 0,0000866 | 1,1407 | 2,86 | 0,00 |
| 11 | 0,0000801 | 1,0443 | 3,33 | 7,41 |
| 12 | 0,0000849 | 1,0970 | 0,81 | 1,39 |
| 13 | 0,0000723 | 0,9660 | 3,39 | 9,76 |
| 14 | 0,0000654 | 0,8945 | 4,05 | 3,77 |
| 15 | 0,0000704 | 0,9759 | 0,60 | 0,62 |
| 16 | 0,0000703 | 1,0219 | 5,88 | 7,41 |
| 17 | 0,0000593 | 0,8927 | 2,94 | 0,00 |
| 18 | 0,0000579 | 0,8686 | 2,50 | 1,55 |
| 19 | 0,0000680 | 1,0129 | 0,36 | 0,00 |
| 20 | 0,0000651 | 0,9640 | 0,79 | 0,30 |
| 21 | 0,0000837 | 1,2244 | 0,00 | 2,40 |
| 22 | 0,0000959 | 1,4544 | 0,00 | 1,43 |
| 23 | 0,0001039 | 1,7486 | 0,00 | 4,90 |
| 24 | 0,0000561 | 0,8370 | 2,78 | 6,12 |
| 25 | 0,0000639 | 0,9992 | 0,07 | 0,08 |
| 26 | 0,0000656 | 0,9444 | 1,35 | 0,08 |
| 27 | 0,0000608 | 0,8664 | 1,34 | 0,16 |
| 28 | 0,0000552 | 0,7999 | 2,35 | 3,03 |
| 29 | 0,0000555 | 0,8628 | 2,60 | 1,37 |
| 30 | 0,0000578 | 0,8778 | 3,85 | 2,47 |

Показник функції опору був визначений ітераційно до отримання помилок апроксимації для всіх районів відправлення та прибуття на рівні меншому за десять відсотків. При значенні показника функції опору, менше

пжк 0,1 в районі прибуття номер шістьнадцять помилка апроксимації складала 11,11%. Ітераційні процедури перерахунку матриці функції опору (табл. А.2), дозволяють визначити показник функції опору, що забезпечує необхідне значення помилок.

Функція опору для даного варіанту матриці відстаней буде мати наступний вигляд:

$$d_{ij} = e^{0.1 \cdot d_{ij}} \quad (2.1)$$

Після визначення вигляду функції опору та калібрувальних коефіцієнтів визначають кореспонденції пасажирів в маршрутній системі. Кореспонденція є добутком калібрувальних коефіцієнтів, обсягів відправлення та прибуття району, та її значення зворотно пропорційне значенню функції опору. Сформована таким чином матриця кореспонденції наведена в табл. А.3 додатка. Після цього відбувається процедура розподілу кореспонденції з урахуванням розкладу руху, що реалізовується в програмному забезпеченні. Результатом є картограма пасажиропотоків в маршрутній системі (рис. 2.8).



Рисунок 2.8 Картограма пасажиропотоків в маршрутній системі

## РОЗДІЛ V

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ  
ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ

Ефективність пасажирської транспортної системи, є комплексним показником, що вказує на те, яким чином пересуваються пасажирів по маршрутах, які витрати часу при цьому виникають (час поїздки, час пересадок). Ефективність пересування пасажирів також є функцією показників організації транспортного процесу перевезень перевізниками, що обслуговують маршрут. Така ефективність залежить від місткості та кількості транспортних засобів на маршруті, форми організації руху пасажирських транспортних засобів (швидкості руху, час простою на зупинках маршруту).

При моделюванні пасажиропотоків в маршрутній системі пропонується визначити вплив часу простою на проміжних зупинках на загальний час поїздки в системі, загальний час пересадок в системі, швидкість сполучення та коефіцієнт пересадності. Підсумкова табл. 3.1 з результатами варіювання часу простою та відповідних показників ефективності представлена нижче.

Таблиця 3.1 – Варіювання часу простою та зміна відповідних показників ефективності

| Простій на зупинках, хв. | Загальний час поїздки, год. | Загальний час пересадок, год. | Швидкість сполучення, км./год. | Коефіцієнт пересадності |
|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| 0,2                      | 1756,93                     | 110,43                        | 26,8                           | 1,139                   |
| 0,3                      | 1886,70                     | 100,36                        | 24,7                           | 1,145                   |
| 0,4                      | 2012,54                     | 95,88                         | 22,9                           | 1,150                   |
| 0,5                      | 2138,23                     | 119,26                        | 21,4                           | 1,147                   |
| 0,6                      | 2213,96                     | 123,58                        | 20,1                           | 1,147                   |
| 0,7                      | 2302,46                     | 120,23                        | 18,9                           | 1,154                   |

Представляємо тенденції зміни показників на рис. 3.1-3.4

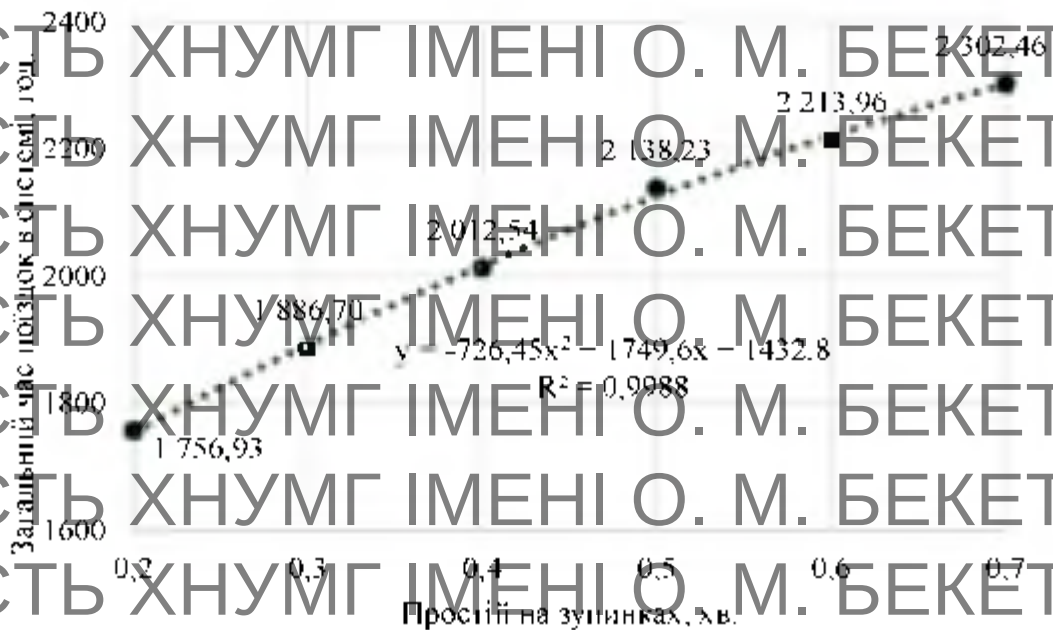


Рисунок 3.1 – Тенденція зміни загального часу поїздок

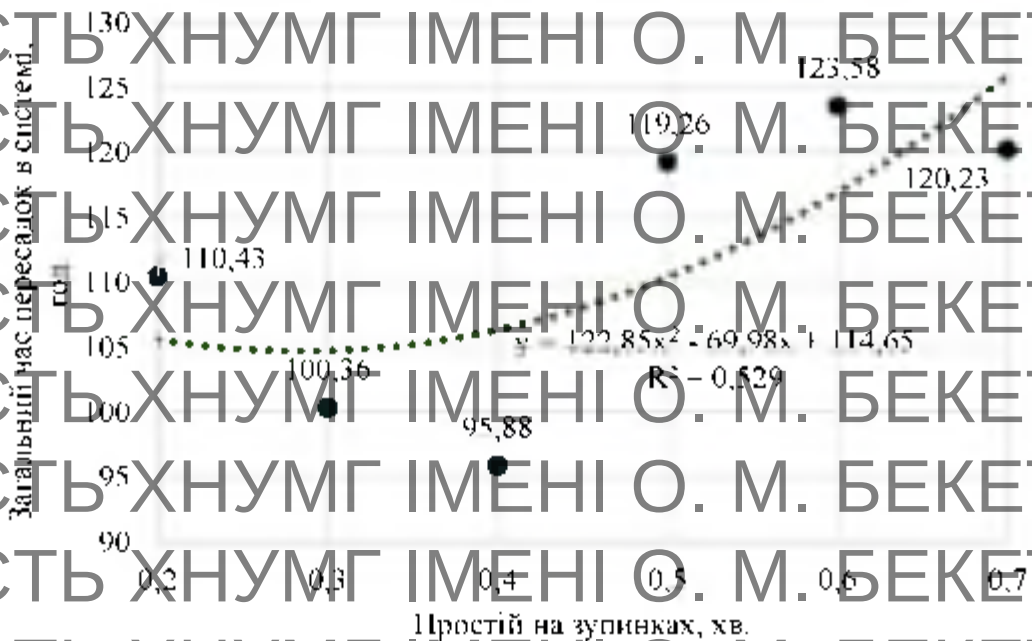


Рисунок 3.2 – Тенденція зміни загального часу пересадок



Рисунок 3.3 - Тенденція зміни швидкості сполучення



Рисунок 3.4 - Тенденція зміни коефіцієнта пересадності

На рис. 3.1 – 3.4 представлені рівняння ліній тренду, що описують тенденцію зміни відповідного показника. Пропонується оцінити точність

опису показників шляхом визначення помилок апроксимації, представлених на рис. 3.1 – 3.4 рівнянь. Розраховані значення помилок апроксимації представлені в табл. 3.2 – 3.5.

Таблиця 3.2 – Помилки апроксимації рівняння визначення загального часу поїздок

| Простий на зупинках, хв. | Загальний час поїздок, год. |           | Помилки апроксимації, % |
|--------------------------|-----------------------------|-----------|-------------------------|
|                          | Модель                      | Рівняння  |                         |
| 0,2                      | 1756,93                     | 1758,662  | 0,19                    |
| 0,3                      | 1886,70                     | 1892,2995 | 0,30                    |
| 0,4                      | 2012,54                     | 2016,408  | 0,19                    |
| 0,5                      | 2138,23                     | 2125,9875 | 0,57                    |
| 0,6                      | 2213,96                     | 2221,038  | 0,32                    |
| 0,7                      | 2302,46                     | 2301,5595 | 0,04                    |

Середнє значення помилки апроксимації (табл. 3.2) складає 0,27%.

Таблиця 3.3 – Помилки апроксимації рівняння визначення загального часу пересадок

| Простий на зупинках, хв. | Загальний час пересадок, год. |          | Помилки апроксимації, % |
|--------------------------|-------------------------------|----------|-------------------------|
|                          | Модель                        | Рівняння |                         |
| 0,2                      | 101,43                        | 105,57   | 4,40                    |
| 0,3                      | 100,36                        | 104,71   | 4,34                    |
| 0,4                      | 95,88                         | 106,31   | 10,88                   |
| 0,5                      | 119,26                        | 110,37   | 7,45                    |
| 0,6                      | 123,58                        | 116,89   | 5,41                    |
| 0,7                      | 120,23                        | 125,86   | 4,68                    |

Середнє значення помилки апроксимації (табл. 3.3) складає 6,19%.

Таблиця 3.4 Помилки апроксимації рівняння визначення швидкості сполучення

| Простий на зупинках, хв. | Швидкість сполучення, км./год. |          | Помилки апроксимації, % |
|--------------------------|--------------------------------|----------|-------------------------|
|                          | Модель                         | Рівняння |                         |
| 0,2                      | 26,80                          | 26,77    | 0,12                    |
| 0,3                      | 24,70                          | 24,74    | 0,15                    |
| 0,4                      | 22,90                          | 22,94    | 0,17                    |
| 0,5                      | 21,40                          | 21,37    | 0,12                    |
| 0,6                      | 20,10                          | 20,04    | 0,30                    |
| 0,7                      | 18,90                          | 18,94    | 0,20                    |

Середнє значення помилки апроксимації (табл. 3.4) складає 0,18%.

Таблиця 3.5 – Помилки апроксимації рівняння визначення коефіцієнта пересадності

| Простий на зупинках, хв. | Коефіцієнт пересадності |          | Помилки апроксимації, % |
|--------------------------|-------------------------|----------|-------------------------|
|                          | Модель                  | Рівняння |                         |
| 0,2                      | 1,139                   | 1,141    | 0,14                    |
| 0,3                      | 1,145                   | 1,144    | 0,11                    |
| 0,4                      | 1,150                   | 1,147    | 0,30                    |
| 0,5                      | 1,147                   | 1,149    | 0,18                    |
| 0,6                      | 1,147                   | 1,151    | 0,30                    |
| 0,7                      | 1,154                   | 1,152    | 0,20                    |

Середнє значення помилки апроксимації (табл. 3.5) складає 0,21%.

## ВІСНОВКИ

Перший розділ роботи присвячений аналізу ефективності пасажирських перевезень. Ефективність перевезень можна оцінити з різних точок зору, але основними показниками ефективності перевезень у багатьох дослідженнях вважаються соціальні, економічні, екологічні та техніко-експлуатаційні показники.

Надана характеристика пасажирської транспортної системи району, проаналізований існуючий стан функціонування маршрутної системи, що складається з сімох трамвайних маршрутів, двох тролейбусних та чотирнадцяти автобусних маршрутів. Сформована топологічна схема маршрутної мережі з сумарним попиту 26970 пас. Визначені характеристики ділянок маршрутної мережі, що обслуговують три види маршрутного пасажирського транспорту. Ділянки маршрутної мережі мають різну кількість смуг руху та різну довжину.

Проведено моделювання пасажиропотоків в маршрутній системі району. Для цього сформована матриця кореспонденцій ентропійним методом. Для цього ітераційно підібране значення показника функції опору  $\lambda(I_{ij}) = e^{-0.001 I_{ij}}$ . Розподіл пасажиропотоків дозволяє оцінити ефективність функціонування пасажирської транспортної системи.

Оцінка ефективності проведена шляхом встановлення тенденції зміни показників загального часу поїздок в системі, загального часу пересадок в системі, швидкості сполучення та коефіцієнта пересадковості, залежно від часу простою на проміжних зупинках маршрутів системи. Тенденції зміни цих показників описуються поліномами другого ступеня з коефіцієнтами детермінації відповідно 0,998, 0,529, 0,999, 0,707. Також визначені помилки апроксимації рівнянь, що описують наведені тенденції 0,27%, 6,19%, 0,18%, 0,21%. Тенденція зміни представлених показників узгоджується з вимогами організації транспортного процесу пасажирських перевезень в містах.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Hilmola, O. P. (2011). Benchmarking efficiency of public passenger transport in larger cities. *Benchmarking: An International Journal*, 18(1), 23-41.
2. Raymundo, H., & dos Reis, J. G. M. (2023). How to measure performance evaluation in urban passenger transportation by disutilities: Model and application in the ten largest US cities. *Journal of Urban Planning and Development*, 149(2), 04023007.
3. Raymundo, H., & Reis, J. G. M. D. (2018). Measures for passenger-transport performance evaluation in urban areas. *Journal of Urban Planning and Development*, 144(3), 04018023.
4. Brons, M., Nijkamp, P., Pels, E., & Rietveld, P. (2005). Efficiency of urban public transit: A meta analysis. *Transportation*, 32(1), 1-21.
5. Moriarty, P. (2016). Reducing levels of urban passenger travel. *International journal of sustainable transportation*, 10(8), 712-719.
6. Kopytkov, D. M., & Vdovichenko, V. O. (2017). Evaluation of urban passenger transportation operational efficiency in terms of socio-technical approach. *Мордохівченіум*, (3), 729-734.
7. Chen, Y., Bouffanguere, A., Shen, Y., & Al-Hussein, M. (2019). Assessing accessibility-based service effectiveness and social equity for urban bus transit: A sustainability perspective. *Sustainable Cities and Society*, 44, 499-510.
8. Garrett, M., & Taylor, B. (1999). Reconsidering social equity in public transit. *Berkeley Planning Journal*, 13(1).
9. Carvalho, M., Syguly, T., & Silva, D. N. E. (2015). Efficiency and effectiveness analysis of public transport of Brazilian Cities. *Journal of Transport Literature*, 9(3), 40-44.

10. Grieco, M. (2015). Social sustainability and urban mobility: shifting to a socially responsible pro-poor perspective. *Social Responsibility Journal*, 11(1), 82-97.
11. de Almeida Guimaraes, V., & Junior, I. C. L. (2017). Performance assessment and evaluation method for passenger transportation: a step toward sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 142, 297-307.
12. d'Arcier, B. F. (2014). Measuring the performance of urban public transport in relation to public policy objectives. *Research in Transportation Economics*, 48, 67-76.
13. Liu, R., & Liu, N. (2025). Study on urban passenger transport carbon reduction pathways based on system dynamics. *Scientific Reports*, 15(1), 37471.
14. Jia Wang, S., & Moriarty, P. (2015). Eco-efficiency indicators for urban transport. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 3(2), 183-195.
15. Wang, Z., Chen, F., & Fujiyama, T. (2015). Carbon emission from urban passenger transportation in Beijing. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 41, 217-227.
16. Харків. Про місто. Райони міста. Холодногірський район. – Режим доступу: <https://city.kharkiv.ua/about/districts/kotodnogijskij>
17. Харків транспортний. – Режим доступу: <https://gortransport.kharkov.ua/>

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА  
ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА  
ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА  
ДОДАТОК А  
ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА  
Таблиця А. 1 – Відстані між транспортними районами

| 1  | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22    | 23    | 24    | 25   | 26   | 27   | 28   | 29   | 30   |       |
|----|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 1  | 0,00 | 0,32 | 0,95 | 0,59 | 2,24 | 3,60  | 4,93  | 4,95  | 4,21  | 4,29  | 3,65  | 3,75  | 2,52  | 1,70 | 3,05 | 4,61 | 1,47 | 1,71 | 1,81 | 2,46 | 4,97  | 6,76  | 7,71  | 0,90 | 2,56 | 1,13 | 1,53 | 0,27 | 1,82 | 1,80  |
| 2  | 0,31 | 0,00 | 0,31 | 2,00 | 3,61 | 5,31  | 5,91  | 6,35  | 5,62  | 5,69  | 5,07  | 5,15  | 3,93  | 3,10 | 4,13 | 4,09 | 1,85 | 1,79 | 1,79 | 2,47 | 4,99  | 6,78  | 7,88  | 0,75 | 2,17 | 0,99 | 1,51 | 0,28 | 0,61 | 1,25  |
| 3  | 0,97 | 0,31 | 0,00 | 2,66 | 4,30 | 5,47  | 5,18  | 6,02  | 5,47  | 6,41  | 5,17  | 5,96  | 3,92  | 2,71 | 4,08 | 4,47 | 2,12 | 1,69 | 1,83 | 3,12 | 5,37  | 7,05  | 8,54  | 1,25 | 1,53 | 1,30 | 1,88 | 0,96 | 0,93 | 1,30  |
| 4  | 0,56 | 1,52 | 2,14 | 0,00 | 0,53 | 1,87  | 2,28  | 3,55  | 2,98  | 4,10  | 2,42  | 3,63  | 1,28  | 0,48 | 1,73 | 2,56 | 3,38 | 2,93 | 4,47 | 3,31 | 5,03  | 6,82  | 9,43  | 1,99 | 2,89 | 2,37 | 1,28 | 1,45 | 3,07 | 2,62  |
| 5  | 3,20 | 1,63 | 5,30 | 1,02 | 0,60 | 0,35  | 0,98  | 0,62  | 0,78  | 2,53  | 5,36  | 1,93  | 1,04  | 1,00 | 3,41 | 5,18 | 5,00 | 1,15 | 5,40 | 5,66 | 7,59  | 9,17  | 11,70 | 4,19 | 5,31 | 4,62 | 3,75 | 3,13 | 1,57 | 5,01  |
| 6  | 3,59 | 5,03 | 5,68 | 1,40 | 0,38 | 0,70  | 0,64  | 1,14  | 1,52  | 2,57  | 2,45  | 2,81  | 2,48  | 1,47 | 3,26 | 5,10 | 5,53 | 1,62 | 5,81 | 5,80 | 8,02  | 9,81  | 14,90 | 3,67 | 5,49 | 4,96 | 4,12 | 3,55 | 5,00 | 5,04  |
| 7  | 4,48 | 5,91 | 5,54 | 1,68 | 0,61 | 0,51  | 0,00  | 0,37  | 0,36  | 1,44  | 0,85  | 1,20  | 1,39  | 2,79 | 4,19 | 6,07 | 6,95 | 8,35 | 8,84 | 8,56 | 10,74 | 12,52 | 14,73 | 8,23 | 9,29 | 9,27 | 6,15 | 5,39 | 6,29 | 9,62  |
| 8  | 1,95 | 6,41 | 6,00 | 3,45 | 0,63 | 0,60  | 0,12  | 0,00  | 0,77  | 1,37  | 1,27  | 1,80  | 1,81  | 3,22 | 4,61 | 6,10 | 7,57 | 8,71 | 9,28 | 9,12 | 11,36 | 12,53 | 14,42 | 6,71 | 9,54 | 9,85 | 6,57 | 6,01 | 6,90 | 10,14 |
| 9  | 4,17 | 5,62 | 5,31 | 2,01 | 1,47 | 1,40  | 0,36  | 0,74  | 0,00  | 1,08  | 0,50  | 0,74  | 1,04  | 2,45 | 3,84 | 5,71 | 6,60 | 7,99 | 8,51 | 8,45 | 10,49 | 12,26 | 14,50 | 7,95 | 9,04 | 9,00 | 5,79 | 5,16 | 6,03 | 9,31  |
| 10 | 4,50 | 5,94 | 5,96 | 3,60 | 2,58 | 2,50  | 1,48  | 1,38  | 1,00  | 0,00  | 0,90  | 0,91  | 1,09  | 3,20 | 3,90 | 5,78 | 6,83 | 7,78 | 8,40 | 8,12 | 10,42 | 12,21 | 14,52 | 7,05 | 8,03 | 8,22 | 5,73 | 5,28 | 6,38 | 8,93  |
| 11 | 3,67 | 5,13 | 4,81 | 2,41 | 1,68 | 1,50  | 0,89  | 1,26  | 0,58  | 0,95  | 0,00  | 0,61  | 0,53  | 1,93 | 2,33 | 5,20 | 6,49 | 7,18 | 8,01 | 7,84 | 10,08 | 11,88 | 14,14 | 5,50 | 6,38 | 3,60 | 5,27 | 4,64 | 5,55 | 8,89  |
| 12 | 4,06 | 5,50 | 5,46 | 3,62 | 1,78 | 2,28  | 0,86  | 1,48  | 0,63  | 0,78  | 0,61  | 0,80  | 1,73  | 3,15 | 3,65 | 5,50 | 6,48 | 7,76 | 8,31 | 8,08 | 10,45 | 12,22 | 14,42 | 7,87 | 8,89 | 8,95 | 5,46 | 4,81 | 5,89 | 9,15  |
| 13 | 2,49 | 3,95 | 3,52 | 1,23 | 1,73 | 2,01  | 1,49  | 1,67  | 1,19  | 1,25  | 0,59  | 1,39  | 0,00  | 0,76 | 2,15 | 4,62 | 4,91 | 6,30 | 6,82 | 6,68 | 8,66  | 10,68 | 12,96 | 6,40 | 7,42 | 7,46 | 4,07 | 3,37 | 4,30 | 7,74  |
| 14 | 1,66 | 3,68 | 2,21 | 0,41 | 0,63 | 1,00  | 2,85  | 3,22  | 2,49  | 3,17  | 1,95  | 3,14  | 0,80  | 0,00 | 0,57 | 2,45 | 3,33 | 4,71 | 5,28 | 5,08 | 8,46  | 10,18 | 11,38 | 4,81 | 5,98 | 5,57 | 3,36 | 2,43 | 3,27 | 6,14  |
| 15 | 2,84 | 3,98 | 3,54 | 1,70 | 3,18 | 4,38  | 4,17  | 4,54  | 3,98  | 3,91  | 2,27  | 3,48  | 2,14  | 0,56 | 0,00 | 0,66 | 1,16 | 2,95 | 3,33 | 3,46 | 6,62  | 8,11  | 9,01  | 7,51 | 4,49 | 4,54 | 4,04 | 3,50 | 4,63 | 4,50  |
| 16 | 3,07 | 4,12 | 4,71 | 2,36 | 4,92 | 5,20  | 6,02  | 6,39  | 5,66  | 5,79  | 3,11  | 5,28  | 3,98  | 2,41 | 0,60 | 0,00 | 0,89 | 3,28 | 2,85 | 2,70 | 5,95  | 7,74  | 8,94  | 4,84 | 3,34 | 3,78 | 3,39 | 2,85 | 4,03 | 3,84  |
| 17 | 0,93 | 1,33 | 1,57 | 3,38 | 5,33 | 5,72  | 6,99  | 7,36  | 6,63  | 6,77  | 6,08  | 6,25  | 4,95  | 3,39 | 1,59 | 0,98 | 0,00 | 0,18 | 1,06 | 0,73 | 3,34  | 1,84  | 6,37  | 1,01 | 1,55 | 1,60 | 1,39 | 1,01 | 2,05 | 2,07  |
| 18 | 0,85 | 0,86 | 1,54 | 3,28 | 4,17 | 5,24  | 8,22  | 8,38  | 7,86  | 7,89  | 3,23  | 7,50  | 6,12  | 4,71 | 2,40 | 2,31 | 0,52 | 0,00 | 0,49 | 0,67 | 4,16  | 4,60  | 6,16  | 0,34 | 1,42 | 0,76 | 0,83 | 0,59 | 0,81 | 0,36  |
| 19 | 1,57 | 1,52 | 2,06 | 3,81 | 5,05 | 6,12  | 8,85  | 9,22  | 8,56  | 8,46  | 7,97  | 7,89  | 6,90  | 5,33 | 3,52 | 2,92 | 1,13 | 0,58 | 0,00 | 0,76 | 3,42  | 4,96  | 6,52  | 1,06 | 1,17 | 0,87 | 1,01 | 1,32 | 1,26 | 0,45  |
| 20 | 2,18 | 2,17 | 2,73 | 4,15 | 5,62 | 6,81  | 8,15  | 8,82  | 8,00  | 8,20  | 7,51  | 7,73  | 6,39  | 5,05 | 3,25 | 2,76 | 0,74 | 0,68 | 0,30 | 0,00 | 0,89  | 2,15  | 3,87  | 1,67 | 1,62 | 1,99 | 2,27 | 1,92 | 2,02 | 1,73  |
| 21 | 4,68 | 4,68 | 5,21 | 6,51 | 8,17 | 9,38  | 10,64 | 11,01 | 10,27 | 10,43 | 8,78  | 9,86  | 8,38  | 7,61 | 6,11 | 5,50 | 3,25 | 3,18 | 3,26 | 0,89 | 0,00  | 0,27  | 0,59  | 4,18 | 4,31 | 4,50 | 4,81 | 4,41 | 4,55 | 4,42  |
| 22 | 6,42 | 6,34 | 6,83 | 8,14 | 9,87 | 11,17 | 12,03 | 12,40 | 11,67 | 11,75 | 11,12 | 10,98 | 9,00  | 7,39 | 6,78 | 4,66 | 4,62 | 4,57 | 2,46 | 0,65 | 0,00  | 0,59  | 5,62  | 4,80 | 4,75 | 6,16 | 6,03 | 5,10 | 4,81 |       |
| 23 | 5,70 | 6,24 | 6,29 | 8,45 | 9,63 | 10,63 | 13,16 | 13,52 | 12,80 | 13,36 | 12,26 | 13,87 | 11,11 | 9,99 | 8,41 | 7,85 | 6,00 | 5,83 | 6,34 | 3,67 | 0,59  | 0,56  | 0,00  | 6,83 | 7,22 | 7,16 | 7,31 | 6,12 | 7,16 | 7,30  |
| 24 | 0,51 | 0,52 | 1,13 | 2,45 | 2,80 | 4,19  | 7,22  | 7,62  | 6,90  | 7,08  | 6,38  | 6,66  | 5,30  | 4,14 | 3,37 | 2,79 | 1,03 | 0,53 | 1,01 | 1,66 | 4,17  | 5,62  | 7,16  | 0,00 | 1,78 | 0,31 | 0,69 | 0,26 | 0,64 | 1,03  |
| 25 | 2,35 | 2,24 | 2,44 | 3,48 | 4,79 | 5,79  | 9,00  | 9,36  | 8,62  | 8,72  | 8,07  | 8,27  | 6,03  | 5,30 | 3,59 | 2,95 | 1,21 | 1,20 | 1,13 | 1,73 | 4,26  | 5,79  | 7,48  | 1,81 | 0,80 | 0,30 | 0,49 | 2,10 | 0,32 | 0,29  |
| 26 | 0,93 | 0,66 | 0,57 | 2,61 | 3,09 | 5,41  | 9,06  | 9,16  | 8,75  | 8,70  | 8,21  | 8,39  | 5,14  | 5,36 | 4,05 | 3,15 | 1,66 | 0,96 | 1,00 | 2,29 | 4,71  | 5,13  | 7,79  | 0,29 | 0,20 | 0,00 | 0,35 | 0,30 | 0,21 | 0,30  |
| 27 | 1,26 | 1,28 | 1,72 | 1,96 | 3,51 | 4,86  | 6,12  | 6,66  | 5,94  | 5,87  | 5,42  | 5,22  | 4,31  | 2,78 | 4,14 | 3,54 | 1,29 | 0,80 | 1,02 | 1,96 | 4,60  | 6,18  | 7,63  | 0,68 | 0,46 | 0,38 | 0,00 | 0,68 | 0,39 | 0,38  |
| 28 | 0,25 | 0,26 | 0,97 | 2,15 | 2,87 | 3,76  | 5,22  | 5,74  | 4,97  | 5,67  | 4,39  | 5,26  | 3,13  | 2,07 | 3,41 | 2,74 | 0,68 | 0,78 | 1,27 | 1,92 | 4,43  | 6,22  | 7,21  | 0,26 | 0,04 | 0,29 | 0,69 | 0,60 | 0,42 | 1,25  |
| 29 | 0,64 | 0,33 | 0,36 | 2,32 | 3,66 | 5,03  | 6,58  | 7,63  | 6,26  | 6,77  | 5,69  | 6,52  | 4,45  | 3,13 | 4,04 | 3,44 | 1,66 | 0,92 | 1,21 | 2,26 | 4,78  | 5,62  | 7,79  | 0,42 | 0,28 | 0,20 | 0,35 | 0,42 | 0,00 | 0,26  |
| 30 | 1,54 | 0,98 | 1,17 | 2,96 | 1,74 | 3,36  | 8,87  | 9,24  | 8,51  | 8,50  | 7,96  | 8,12  | 6,84  | 5,34 | 3,51 | 2,93 | 1,12 | 0,41 | 0,47 | 1,68 | 4,69  | 5,10  | 7,32  | 1,01 | 0,79 | 0,29 | 0,36 | 1,28 | 0,26 | 0,00  |

Таблиця А. 2 – Значення функції опору між транспортними районами вигляду  $\lambda(l_{ij}) = e^{-0.11l_{ij}}$ .

| 1  | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | 25   | 26   | 27   | 28   | 29   | 30   |      |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1  | 0,60 | 0,95 | 0,86 | 0,91 | 0,70 | 0,56 | 0,48 | 0,45 | 0,51 | 0,50 | 0,56 | 0,55 | 0,67 | 0,76 | 0,61 | 0,56 | 0,79 | 0,81 | 0,75 | 0,67 | 0,45 | 0,34 | 0,29 | 0,38 | 0,66 | 0,84 | 0,78 | 0,96 | 0,75 | 0,75 |
| 2  | 0,95 | 0,60 | 0,95 | 0,73 | 0,76 | 0,45 | 0,49 | 0,36 | 0,41 | 0,40 | 0,44 | 0,44 | 0,53 | 0,61 | 0,72 | 0,52 | 0,74 | 0,81 | 0,75 | 0,67 | 0,45 | 0,34 | 0,28 | 0,39 | 0,67 | 0,85 | 0,78 | 0,96 | 0,91 | 0,82 |
| 3  | 0,86 | 0,95 | 0,60 | 0,65 | 0,50 | 0,40 | 0,44 | 0,38 | 0,42 | 0,36 | 0,44 | 0,40 | 0,53 | 0,65 | 0,52 | 0,49 | 0,71 | 0,77 | 0,75 | 0,61 | 0,41 | 0,31 | 0,25 | 0,32 | 0,75 | 0,81 | 0,74 | 0,86 | 0,86 | 0,81 |
| 4  | 0,99 | 0,78 | 0,71 | 0,60 | 0,52 | 0,74 | 0,69 | 0,57 | 0,63 | 0,52 | 0,68 | 0,56 | 0,81 | 0,94 | 0,76 | 0,60 | 0,58 | 0,63 | 0,49 | 0,59 | 0,45 | 0,34 | 0,22 | 0,34 | 0,64 | 0,68 | 0,81 | 0,79 | 0,61 | 0,66 |
| 5  | 0,60 | 0,48 | 0,43 | 0,85 | 0,00 | 0,95 | 0,91 | 0,90 | 0,79 | 0,67 | 0,78 | 0,73 | 0,73 | 0,84 | 0,58 | 0,43 | 0,39 | 0,51 | 0,41 | 0,40 | 0,30 | 0,22 | 0,15 | 0,20 | 0,41 | 0,48 | 0,55 | 0,61 | 0,48 | 0,45 |
| 6  | 0,56 | 0,45 | 0,40 | 0,80 | 0,94 | 0,00 | 0,40 | 0,63 | 0,78 | 0,66 | 0,68 | 0,61 | 0,68 | 0,79 | 0,59 | 0,44 | 0,41 | 0,53 | 0,39 | 0,40 | 0,28 | 0,21 | 0,15 | 0,26 | 0,42 | 0,45 | 0,52 | 0,57 | 0,45 | 0,45 |
| 7  | 0,49 | 0,39 | 0,41 | 0,76 | 0,91 | 0,91 | 0,00 | 0,94 | 0,94 | 0,79 | 0,87 | 0,83 | 0,89 | 0,64 | 0,51 | 0,38 | 0,33 | 0,26 | 0,24 | 0,25 | 0,18 | 0,14 | 0,09 | 0,27 | 0,23 | 0,24 | 0,37 | 0,42 | 0,37 | 0,21 |
| 8  | 0,45 | 0,36 | 0,38 | 0,58 | 0,90 | 0,90 | 0,94 | 0,00 | 0,88 | 0,80 | 0,82 | 0,75 | 0,75 | 0,60 | 0,48 | 0,35 | 0,31 | 0,25 | 0,23 | 0,23 | 0,16 | 0,12 | 0,08 | 0,25 | 0,21 | 0,21 | 0,35 | 0,38 | 0,33 | 0,20 |
| 9  | 0,51 | 0,41 | 0,43 | 0,66 | 0,73 | 0,80 | 0,41 | 0,89 | 0,66 | 0,81 | 0,82 | 0,80 | 0,85 | 0,68 | 0,54 | 0,40 | 0,35 | 0,28 | 0,26 | 0,26 | 0,19 | 0,11 | 0,06 | 0,28 | 0,21 | 0,21 | 0,40 | 0,44 | 0,38 | 0,22 |
| 10 | 0,49 | 0,39 | 0,39 | 0,56 | 0,66 | 0,66 | 0,79 | 0,80 | 0,84 | 0,69 | 0,86 | 0,86 | 0,84 | 0,60 | 0,54 | 0,40 | 0,35 | 0,29 | 0,26 | 0,27 | 0,19 | 0,14 | 0,10 | 0,32 | 0,25 | 0,27 | 0,40 | 0,43 | 0,36 | 0,24 |
| 11 | 0,56 | 0,44 | 0,46 | 0,68 | 0,80 | 0,78 | 0,67 | 0,82 | 0,92 | 0,86 | 0,80 | 0,90 | 0,92 | 0,73 | 0,59 | 0,44 | 0,38 | 0,30 | 0,28 | 0,29 | 0,20 | 0,15 | 0,10 | 0,26 | 0,25 | 0,25 | 0,43 | 0,48 | 0,41 | 0,24 |
| 12 | 0,52 | 0,41 | 0,42 | 0,76 | 0,75 | 0,69 | 0,87 | 0,80 | 0,90 | 0,88 | 0,91 | 0,85 | 0,78 | 0,60 | 0,56 | 0,41 | 0,36 | 0,29 | 0,26 | 0,27 | 0,19 | 0,14 | 0,06 | 0,28 | 0,24 | 0,24 | 0,42 | 0,46 | 0,39 | 0,23 |
| 13 | 0,67 | 0,54 | 0,57 | 0,82 | 0,76 | 0,72 | 0,79 | 0,74 | 0,83 | 0,82 | 0,91 | 0,75 | 0,60 | 0,89 | 0,71 | 0,53 | 0,46 | 0,36 | 0,33 | 0,34 | 0,21 | 0,18 | 0,13 | 0,36 | 0,30 | 0,30 | 0,52 | 0,58 | 0,50 | 0,29 |
| 14 | 0,77 | 0,61 | 0,70 | 0,94 | 0,90 | 0,74 | 0,83 | 0,60 | 0,67 | 0,58 | 0,73 | 0,60 | 0,88 | 0,60 | 0,91 | 0,68 | 0,59 | 0,47 | 0,43 | 0,44 | 0,26 | 0,20 | 0,16 | 0,46 | 0,38 | 0,41 | 0,58 | 0,68 | 0,59 | 0,37 |
| 15 | 0,64 | 0,53 | 0,57 | 0,76 | 0,60 | 0,52 | 0,51 | 0,48 | 0,54 | 0,54 | 0,59 | 0,57 | 0,71 | 0,91 | 0,60 | 0,90 | 0,78 | 0,62 | 0,57 | 0,58 | 0,37 | 0,26 | 0,22 | 0,57 | 0,49 | 0,48 | 0,52 | 0,57 | 0,48 | 0,19 |
| 16 | 0,61 | 0,52 | 0,47 | 0,69 | 0,46 | 0,44 | 0,48 | 0,46 | 0,49 | 0,40 | 0,44 | 0,43 | 0,53 | 0,68 | 0,91 | 0,60 | 0,87 | 0,69 | 0,63 | 0,63 | 0,39 | 0,29 | 0,24 | 0,63 | 0,55 | 0,55 | 0,58 | 0,63 | 0,52 | 0,54 |
| 17 | 0,86 | 0,81 | 0,78 | 0,58 | 0,43 | 0,40 | 0,43 | 0,31 | 0,32 | 0,34 | 0,38 | 0,37 | 0,45 | 0,58 | 0,78 | 0,85 | 0,60 | 0,93 | 0,84 | 0,89 | 0,59 | 0,46 | 0,36 | 0,85 | 0,78 | 0,78 | 0,80 | 0,85 | 0,72 | 0,72 |
| 19 | 0,87 | 0,87 | 0,78 | 0,59 | 0,51 | 0,43 | 0,27 | 0,25 | 0,28 | 0,28 | 0,31 | 0,30 | 0,37 | 0,47 | 0,63 | 0,69 | 0,92 | 0,60 | 0,92 | 0,90 | 0,60 | 0,48 | 0,37 | 0,95 | 0,81 | 0,89 | 0,88 | 0,91 | 0,88 | 0,94 |
| 20 | 0,78 | 0,78 | 0,72 | 0,64 | 0,45 | 0,38 | 0,24 | 0,23 | 0,26 | 0,26 | 0,28 | 0,28 | 0,34 | 0,43 | 0,57 | 0,63 | 0,84 | 0,91 | 0,90 | 0,88 | 0,58 | 0,45 | 0,35 | 0,84 | 0,84 | 0,87 | 0,85 | 0,81 | 0,82 | 0,93 |
| 21 | 0,71 | 0,71 | 0,65 | 0,54 | 0,41 | 0,34 | 0,26 | 0,24 | 0,27 | 0,27 | 0,30 | 0,29 | 0,36 | 0,44 | 0,58 | 0,64 | 0,89 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,67 | 0,68 | 0,54 | 0,77 | 0,77 | 0,73 | 0,70 | 0,73 | 0,72 | 0,76 |
| 22 | 0,47 | 0,47 | 0,43 | 0,35 | 0,27 | 0,27 | 0,18 | 0,17 | 0,19 | 0,19 | 0,21 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,38 | 0,41 | 0,59 | 0,60 | 0,59 | 0,87 | 0,60 | 0,46 | 0,31 | 0,51 | 0,50 | 0,49 | 0,46 | 0,49 | 0,48 | 0,49 |
| 23 | 0,36 | 0,36 | 0,34 | 0,27 | 0,24 | 0,17 | 0,15 | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,17 | 0,17 | 0,20 | 0,24 | 0,31 | 0,34 | 0,47 | 0,48 | 0,48 | 0,67 | 0,60 | 0,51 | 0,41 | 0,46 | 0,45 | 0,37 | 0,38 | 0,44 | 0,46 | 0,46 |
| 24 | 0,40 | 0,37 | 0,37 | 0,26 | 0,21 | 0,18 | 0,12 | 0,11 | 0,13 | 0,12 | 0,14 | 0,11 | 0,17 | 0,20 | 0,26 | 0,28 | 0,38 | 0,39 | 0,36 | 0,56 | 0,51 | 0,51 | 0,40 | 0,34 | 0,30 | 0,30 | 0,31 | 0,36 | 0,30 | 0,30 |
| 25 | 0,92 | 0,92 | 0,83 | 0,68 | 0,64 | 0,51 | 0,41 | 0,30 | 0,34 | 0,32 | 0,36 | 0,34 | 0,43 | 0,52 | 0,58 | 0,64 | 0,85 | 0,92 | 0,85 | 0,77 | 0,51 | 0,41 | 0,32 | 0,60 | 0,75 | 0,95 | 0,90 | 0,96 | 0,90 | 0,85 |
| 26 | 0,69 | 0,70 | 0,68 | 0,57 | 0,46 | 0,40 | 0,24 | 0,22 | 0,25 | 0,25 | 0,28 | 0,27 | 0,34 | 0,42 | 0,56 | 0,62 | 0,82 | 0,84 | 0,83 | 0,70 | 0,54 | 0,46 | 0,36 | 0,64 | 0,95 | 0,93 | 0,71 | 0,95 | 0,95 | 0,95 |
| 27 | 0,86 | 0,90 | 0,91 | 0,66 | 0,55 | 0,45 | 0,23 | 0,22 | 0,25 | 0,25 | 0,27 | 0,26 | 0,32 | 0,42 | 0,52 | 0,58 | 0,77 | 0,86 | 0,85 | 0,69 | 0,47 | 0,44 | 0,29 | 0,95 | 0,95 | 0,90 | 0,94 | 0,95 | 0,97 | 0,95 |
| 28 | 0,82 | 0,82 | 0,76 | 0,73 | 0,52 | 0,46 | 0,28 | 0,34 | 0,39 | 0,39 | 0,42 | 0,43 | 0,50 | 0,64 | 0,72 | 0,81 | 0,88 | 0,85 | 0,73 | 0,48 | 0,46 | 0,29 | 0,90 | 0,93 | 0,94 | 0,90 | 0,90 | 0,94 | 0,94 | 0,94 |
| 29 | 0,96 | 0,96 | 0,86 | 0,71 | 0,68 | 0,55 | 0,43 | 0,40 | 0,45 | 0,46 | 0,50 | 0,43 | 0,61 | 0,72 | 0,59 | 0,65 | 0,85 | 0,88 | 0,82 | 0,74 | 0,49 | 0,57 | 0,52 | 0,96 | 0,72 | 0,95 | 0,90 | 0,90 | 0,93 | 0,82 |
| 30 | 0,90 | 0,95 | 0,94 | 0,69 | 0,56 | 0,45 | 0,35 | 0,32 | 0,37 | 0,34 | 0,40 | 0,35 | 0,49 | 0,61 | 0,52 | 0,58 | 0,71 | 0,80 | 0,82 | 0,60 | 0,47 | 0,41 | 0,29 | 0,95 | 0,96 | 0,97 | 0,94 | 0,94 | 0,90 | 0,96 |

Таблица А. 3 - Матриця кореспонденцій

|    | 1    | 2   | 3   | 4   | 5   | 6  | 7  | 8   | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19  | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25  | 26  | 27  | 28 | 29 | 30 |
|----|------|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|----|----|----|
| 1  | 0    | 170 | 730 | 900 | 197 | 93 | 91 | 175 | 13 | 17 | 7  | 21 | 12 | 16 | 89 | 7  | 7  | 40 | 697 | 98 | 35 | 19 | 31 | 16 | 383 | 805 | 357 | 32 | 41 | 23 |
| 2  | 86   | 0   | 30  | 227 | 5   | 3  | 3  | 5   | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 3  | 0  | 0  | 1  | 26  | 4  | 1  | 1  | 15 | 34 | 13  | 1   | 2   | 1  |    |    |
| 3  | 639  | 53  | 0   | 28  | 41  | 21 | 25 | 45  | 3  | 4  | 2  | 5  | 3  | 4  | 21 | 2  | 2  | 12 | 216 | 28 | 10 | 3  | 8  | 5  | 136 | 271 | 105 | 9  | 15 | 8  |
| 4  | 1042 | 61  | 264 | 0   | 114 | 54 | 57 | 96  | 7  | 8  | 2  | 9  | 6  | 8  | 48 | 4  | 2  | 13 | 200 | 38 | 15 | 8  | 10 | 6  | 160 | 327 | 163 | 12 | 15 | 9  |
| 5  | 281  | 17  | 71  | 364 | 0   | 31 | 30 | 68  | 4  | 4  | 2  | 5  | 1  | 3  | 15 | 1  | 1  | 5  | 74  | 12 | 2  | 3  | 2  | 43 | 100 | 49  | 4   | 5  | 3  |    |
| 6  | 186  | 11  | 47  | 109 | 36  | 0  | 23 | 44  | 3  | 3  | 1  | 3  | 2  | 2  | 12 | 1  | 1  | 4  | 50  | 8  | 3  | 2  | 2  | 1  | 33  | 67  | 32  | 3  | 3  | 2  |
| 7  | 226  | 13  | 67  | 146 | 49  | 29 | 0  | 79  | 5  | 5  | 2  | 6  | 4  | 3  | 14 | 1  | 1  | 2  | 43  | 7  | 3  | 1  | 2  | 35 | 47  | 33  | 3   | 4  | 1  |    |
| 8  | 305  | 18  | 91  | 160 | 72  | 42 | 39 | 0   | 7  | 8  | 3  | 8  | 4  | 4  | 20 | 4  | 1  | 3  | 59  | 10 | 4  | 2  | 3  | 1  | 34  | 62  | 45  | 4  | 5  | 2  |
| 9  | 20   | 1   | 6   | 19  | 4   | 2  | 3  | 5   | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 4   | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 2   | 4   | 3   | 0  | 0  | 0  |
| 10 | 31   | 2   | 9   | 5   | 3   | 1  | 3  | 1   | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0   | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3   | 5   | 0   | 1  | 0  |    |
| 11 | 9    | 1   | 3   | 5   | 2   | 1  | 1  | 2   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 2   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1   | 2   | 1   | 0  | 0  | 0  |
| 12 | 38   | 2   | 11  | 17  | 3   | 1  | 5  | 9   | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  | 7   | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 8   | 6   | 0   | 1  | 0  |    |
| 13 | 19   | 1   | 6   | 9   | 2   | 1  | 2  | 7   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 4   | 4  | 0  | 0  | 0  | 0  | 2   | 4   | 3   | 0  | 0  | 0  |
| 14 | 23   | 1   | 7   | 12  | 3   | 2  | 1  | 3   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  | 5   | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3   | 6   | 3   | 0  | 0  | 0  |
| 15 | 48   | 3   | 15  | 24  | 5   | 3  | 3  | 6   | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 17  | 3  | 0  | 0  | 0  | 9  | 16  | 8   | 1   | 1  | 0  |    |
| 16 | 14   | 1   | 4   | 7   | 1   | 1  | 1  | 1   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0   | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3   | 6   | 3   | 0  | 0  | 0  |
| 17 | 10   | 1   | 3   | 3   | 0   | 0  | 0  | 1   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 4   | 1  | 0  | 0  | 0  | 2  | 4   | 2   | 0   | 0  | 0  |    |
| 18 | 24   | 2   | 8   | 17  | 2   | 1  | 5  | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  | 10  | 4  | 0  | 0  | 0  | 5  | 10  | 5   | 0   | 1  | 0  |    |
| 19 | 538  | 40  | 176 | 155 | 36  | 18 | 13 | 26  | 2  | 2  | 1  | 3  | 2  | 3  | 21 | 2  | 2  | 13 | 0   | 37 | 13 | 7  | 11 | 4  | 139 | 269 | 112 | 8  | 13 | 8  |
| 20 | 72   | 5   | 23  | 22  | 5   | 2  | 2  | 4   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 4  | 0  | 0  | 2  | 35  | 0  | 3  | 2  | 1  | 19 | 32  | 14  | 1   | 2  | 1  |    |
| 21 | 24   | 2   | 8   | 8   | 2   | 1  | 1  | 1   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 12  | 3  | 0  | 1  | 2  | 0  | 6   | 11  | 5   | 0  | 1  | 0  |
| 22 | 23   | 2   | 8   | 7   | 2   | 1  | 1  | 1   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 12  | 3  | 2  | 0  | 3  | 0  | 7   | 13  | 5   | 0  | 1  | 0  |
| 23 | 41   | 3   | 13  | 10  | 3   | 1  | 2  | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 2  | 0  | 0  | 1  | 14  | 3  | 2  | 0  | 0  | 7  | 14  | 6   | 1   | 1  | 0  |    |
| 24 | 11   | 1   | 3   | 3   | 1   | 0  | 0  | 1   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 4   | 1  | 0  | 0  | 0  | 2  | 5   | 2   | 0   | 0  | 0  |    |
| 25 | 398  | 30  | 139 | 137 | 32  | 16 | 11 | 21  | 2  | 2  | 1  | 2  | 1  | 2  | 20 | 2  | 2  | 10 | 187 | 27 | 10 | 5  | 8  | 3  | 0   | 237 | 102 | 0  | 13 | 7  |
| 26 | 583  | 46  | 220 | 184 | 44  | 21 | 12 | 24  | 2  | 2  | 1  | 3  | 2  | 3  | 22 | 2  | 2  | 12 | 225 | 29 | 10 | 7  | 9  | 5  | 157 | 0   | 123 | 9  | 15 | 8  |
| 27 | 218  | 16  | 72  | 80  | 16  | 8  | 8  | 45  | 1  | 1  | 1  | 2  | 1  | 1  | 8  | 4  | 1  | 5  | 88  | 12 | 4  | 3  | 2  | 50 | 117 | 0   | 3   | 6  | 3  |    |
| 28 | 26   | 2   | 8   | 8   | 2   | 1  | 2  | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 9   | 1  | 0  | 0  | 0  | 5  | 12  | 5   | 0   | 1  | 0  |    |
| 29 | 22   | 2   | 8   | 7   | 2   | 1  | 1  | 1   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 8   | 1  | 0  | 0  | 0  | 6  | 11  | 4   | 0   | 0  | 0  |    |
| 30 |      |     |     |     |     |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |     |     |    |    |    |