

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 **Визначення впливу технологічних параметрів
перевезень пасажирів на показники функціонування
маршрутної системи (на прикладі Індустріального
району м. Харкова)**

Виконала: студентка 2 курсу, групи М РозТранс 2024-1
спеціальності 275 «Транспортні технології (за
видами)», освітньо-наукова програма
«Розумний транспорт і логістика для міст»
Гринько Д. Н.

Керівник: Вакуленко К. Є.

Рецензент: Давідич 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 (за видами)»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

проф. Куш С. І.

20 26 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ

Гринько Дар'ї Едвардівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Визначення впливу технологічних параметрів перевезень
пасажирів на показники функціонування маршрутної системи (на прикладі
Індустріального району м. Харкова)

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

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від "27.02.2026 року № 184-03

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 15.05.2026"

3. Вихідні дані до роботи характеристика району, характеристика дорожніх умов,
характеристика попиту на пересування, оператори ринку перевезень, технологія
роботи пасажирських транспортних засобів на маршрутах системи.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити) Вступ. 1. Теоретичні основи дослідження впливу технологічних
параметрів перевезень пасажирів на функціонування маршрутної системи.

2. Формування моделі розподілу пасажиропотоків в маршрутній системі.

3. Визначення впливу технологічних параметрів перевезень пасажирів на
показники функціонування маршрутної системи. Висновки.

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

Підготовка презентації у електронному вигляді за основними результатами
роботи

6. Консультації розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Перевірка на технічній	інженер мкр. ТС І. І. Ткаченко І. О.		

7. Дата видані завдання 01.02.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Теоретичні основи дослідження впливу технологічних параметрів перевезень пасажирів на функціонування маршрутної системи	01.03.2026	Вик.
2	Формування моделі розподілу пасажиропотоків в маршрутній системі	01.03.2026	Вик.
3	Визначення впливу технологічних параметрів перевезень пасажирів на показники функціонування маршрутної системи	05.05.2026	Вик.

Студентка

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

Тринько Д. Е.

(підпис консультанта)

Вакуленко К. С.

(підпис керівника)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра: 57 аркушів, 24 рисунки, 14 таблиць,
1 додаток, 17 джерел.

Об'єкт дослідження: процес перевезень пасажирів в Індустріальному районі
м. Харкова.

Предмет дослідження: показники функціонування маршрутної системи
Індустріального району м. Харкова.

Мета роботи: визначення впливу технологічних параметрів перевезень
пасажирів на показники функціонування маршрутної системи.

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

Отримані результати: визначені показники функціонування маршрутної
системи.

Рекомендації з впровадження: впровадження методики визначення
показників функціонування маршрутної системи може бути застосоване для
оцінки зміни технологічних параметрів перевезень, на впровадження пересування
пасажирів з використанням маршрутного пасажирського транспорту.

ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ, МАКРОМОДЕЛЮВАННЯ,
ПАСАЖИРОПОТОКИ, ПАСАЖИРИ, ПОКАЗНИКИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ НА ФУНКЦІОНУВАННЯ МАРШРУТНОЇ СИСТЕМИ	7
1.1. Теоретичні засади функціонування маршрутної системи та вплив технологічних параметрів на її ефективність	7
1.2. Інноваційні підходи до аналізу маршрутних систем	11
1.3. Сучасний стан функціонування існуючої маршрутної системи Індустріального району м. Харкова	16
1.3.1. Характеристика Індустріального району м. Харкова	16
1.3.2. Формування топологічної схеми маршрутної мережі	25
1.4. Висновки по розділу	32
РОЗДІЛ 2 ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ РОЗПОДІЛУ ПАСАЖИРОПОТОКІВ В МАРШРУТНІЙ СИСТЕМІ	34
РОЗДІЛ 3 ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ НА ПОКАЗНИКИ ФУНКЦІОНУВАННЯ МАРШРУТНОЇ СИСТЕМИ	42
ВИСНОВКИ	50
ІНТЕРНІ ПОСИЛАННЯ	53
ДОДАТОК А	55

ННІЕТІ ТСУ М РоіТранс 2024-1 РОЗТРАНС ХХХ...Х ПЗ

Укр.	Англ.	Мовами	Ім'я	Піде
Розроб.		Григорук, І. І.		
Перевір.		Витуктук, К. С.		
Модиф.				
П. Контр.		Бурко, Т. І.		
Витвер.		Кук, С. І.		

Повторно
затверд.

Ім.	Англ.	Аркуши
К	П	Б
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова		

ВСТУП

В умовах сучасного розвитку міських територій та зростання мобільності населення особливого значення набуває ефективне функціонування системи пасажирських перевезень. Міський пасажирський транспорт є однією з найважливіших складових транспортної інфраструктури, що забезпечує соціально-економічні зв'язки між різними функціональними зонами міста, впливає на рівень транспортної доступності населення та формує умови для сталого розвитку урбанізованих територій. Підвищення інтенсивності транспортних потоків, нерівномірність розподілу пасажиропотоків і зміни у структурі транспортного попиту зумовлюють необхідність удосконалення організації маршрутних систем та визначення факторів, що впливають на ефективність їх функціонування.

Одним із ключових чинників, що визначають якість транспортного обслуговування населення, є технологічні параметри перевезень пасажирів, до яких належать інтервали руху, швидкість сполучення, довжина маршрутів, коефіцієнт використання місткості транспортних засобів, режим роботи маршрутів та інші показники. Зміна зазначених параметрів безпосередньо впливає на рівень транспортної доступності, тривалість поїздок, ступінь завантаження маршрутів і ефективність використання рухомого складу. Тому дослідження взаємозв'язку між технологічними параметрами перевезень і показниками функціонування маршрутної системи є актуальним науково-практичним завданням.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ НА
ФУНКЦІОНУВАННЯ МАРШРУТНОЇ СИСТЕМИ1.1. Теоретичні засади функціонування маршрутної системи та
вплив технологічних параметрів на її ефективність

Маршрутна система міського пасажирського транспорту (МПТ) є складною організаційно-технічною системою, що забезпечує мобільність населення та функціонує як сукупність взаємопов'язаних елементів: транспортної мережі, транспортних засобів, систем управління та обслуговування пасажирів [1-3]. Вона характеризується багаторівневою структурою, яка визначає логіку її функціонування (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Структура маршрутної системи [1]

Функціонування маршрутної системи визначається сукупністю технологічних параметрів перевезень, що впливають на результати її роботи (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 Класифікація технологічних параметрів перевезень [1, 2]

Група	Параметри	Вплив на систему
Операційні	кількість транспортних засобів; інтервал руху; швидкості руху (експлуатаційна, сполучення, технічна)	визначають часову ефективність
Інфраструктурні	щільність зупиночних пунктів; стан доріг; виділені смуги; пріоритет	забезпечують стабільність руху
Організаційні	тип маршруту; структура мережі; координація маршрутів	формуєть логіку системи
Цифрові	GPS/AVL; керування рухом; інформаційні сервіси	підвищують керованість та адаптивність

Результати функціонування маршрутної системи оцінюються за допомогою системи показників, які відображають ефективність її роботи (табл. 1.2).

Водночас реальні транспортні процеси характеризуються значною варіативністю, що обумовлено впливом випадкових факторів. Основні джерела такої варіативності сформовані у вигляді інфографіки на рис. 1.2.

Таблиця 1.2 – Система показників функціонування маршрутної системи [1, 2]

Група показників	Основні індикатори	Характеристика
Експлуатаційні	регулярність; швидкість; надійність; витрати;	стабільність перевезень
Економічні	продуктивність; ефективність	використання ресурсів
Якість обслуговування	час очікування; комфорт; доступність	орієнтація на пасажирів
Системні	спійкість; адаптивність; керованість	функціонування системи



Рисунок 1.2 – Вплив факторів варіативності транспортних процесів на показники функціонування маршрутної системи [1, 3, 4]

Оцінювання ефективності функціонування маршрутної системи доцільно здійснювати на основі комплексної системи показників, що охоплює експлуатаційні, економічні, сервісні та системні характеристики. Водночас реальні транспортні процеси мають стохастичний характер і характеризуються значною варіативністю, яка зумовлена нерівномірністю пасажиропотоків, дорожніми умовами, експлуатаційними особливостями та впливом зовнішніх факторів.

За таких умов використання лише традиційних підходів, що базуються на усереднених значеннях параметрів, не забезпечує достатньої точності оцінювання функціонування маршрутної системи. Тому для проведення об'єктивного аналізу необхідним є врахування динамічності транспортних процесів, взаємозв'язку між технологічними параметрами перевезень та показниками ефективності функціонування системи.

Важливим аспектом сучасного аналізу є розгляд маршрутної системи як складної динамічної системи із зворотними зв'язками. Зокрема, зміна інтервалу руху безпосередньо впливає на час очікування пасажирів, що, у свою чергу, визначає рівень попиту та використання пасажиромісткості ТЗ. Зростання завантаженості призводить до збільшення часу посадки та висадки пасажирів, що формує додаткові затримки та порушення регулярності руху. Таким чином, технологічні параметри не є ізольованими, а формують взаємопов'язану систему впливів, яка потребує комплексного аналізу.

У зв'язку з цим особливої актуальності набуває застосування інноваційних підходів до аналізу маршрутних систем, які ґрунтуються на використанні цифрових технологій, інтелектуального аналізу даних та сучасних методів моделювання. Їх використання дозволяє підвищити точність оцінювання параметрів функціонування системи, забезпечити прогнозування її стану та сформулювати обґрунтовані управлінські рішення щодо підвищення ефективності перевезень.

1.2. Інноваційні підходи до аналізу маршрутних систем

У сучасних умовах розвитку міських транспортних систем традиційні підходи до аналізу функціонування маршрутної мережі поступово втрачають ефективність, оскільки базуються переважно на статичних характеристиках та усереднених показниках. Зростання складності транспортних потоків, нерівномірність попиту на перевезення та вплив зовнішніх факторів обумовлюють необхідність застосування інноваційних підходів, що враховують динамічний і стохастичний характер функціонування системи.

Одним із ключових напрямів є data-driven підхід, який передбачає використання фактичних даних функціонування транспорту, отриманих за допомогою GPS/AVL-систем (рис. 1.3), автоматизованих систем обліку пасажиропотоку та мобільних сервісів. На відміну від нормативних розрахунків, даний підхід дозволяє оцінювати реальні інтервали руху, час поїздки тощо. Це забезпечує більш точне визначення впливу технологічних параметрів, таких як інтервал руху або швидкість сполучення, на показники якості транспортного обслуговування.

- Використовуючи систему позиціонування, таку як глобальна навігаційна супутникова система (GPS), та геоінформаційну систему (ГІС), оператор може відстежувати свої автобуси.
- Інтегруючи AVL із системою інформування пасажирів (АІС), оператор може надавати пасажирям інформацію в реальному часі.
- Інтегруючи AVL із системою автоматизованого планування та диспетчеризації (САД), оператор може змінювати маршрути транспортних засобів для забезпечення гнучкого обслуговування.



Рисунок 1.3 Автоматичне визначення місцезнаходження ТЗ (AVL) [5 - 7]

Окрему роль відіграють методи імітаційного моделювання та цифрового відтворення транспортних процесів, що дозволяють оцінювати різні сценарії організації перевезень без втручання в реальну систему. Використання таких підходів забезпечує можливість дослідження впливу змін технологічних параметрів (наприклад, скорочення інтервалу або зміни схеми маршруту) на показники функціонування системи, зокрема час поїздки, регулярність руху та рівень обслуговування пасажирів.

Сучасні підходи також передбачають застосування методів інтелектуального аналізу даних, які дозволяють виявляти приховані закономірності у функціонуванні маршрутної мережі (рис. 1.4). Зокрема, можливим є прогнозування змін попиту, оцінка ймовірності затримок та класифікація маршрутів за рівнем ефективності їх функціонування. Використання таких методів сприяє переходу від описового аналізу до прогностичного, що є важливим для підвищення адаптивності транспортної системи.



Рисунок 1.4 – Методи імітаційного моделювання та цифрового відтворення транспортних процесів [8 - 11]

Надамо стислу характеристику представленим методам (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 - Характеристика методів імітаційного моделювання транспортних процесів [8 - 11]

Метод імітаційного моделювання	Стисла характеристика	Основне призначення
RTU Vision	Макроскопічна система транспортного моделювання, що використовується для аналізу транспортного потоку, моделювання пасажиро- та транспортних потоків, а також прогнозування розвитку транспортної мережі міста.	Планування та оптимізація маршрутної мережі, прогнозування транспортного потоку, оцінка сценаріїв розвитку транспортної інфраструктури та підтримка стратегічного управління транспортною системою.
MATSim	Агентно-орієнтована система моделювання, у якій кожен користувач транспортної системи розглядається як окремий агент із власною поведінкою.	Дослідження мобільності населення, моделювання пасажиропотоків та оцінка транспортного потоку.
TRANSIMS	Інтегрована система транспортного моделювання, що поєднує аналіз потоку, транспортної мережі та сценаріїв розвитку інфраструктури.	Довгострокове прогнозування розвитку транспортної системи та оцінка ефективності транспортної політики.
Цифрове відтворення транспортних процесів (Digital Twin)	Створення цифрової копії транспортної системи на основі даних реального часу, отриманих із GPS-AVI, датчиків та інформаційних систем.	Моніторинг, аналіз сценаріїв функціонування системи та підтримка управлінських рішень у реальному часі.

Застосування методів імітаційного моделювання дозволяє відтворювати функціонування транспортної системи у віртуальному середовищі, оцінювати вплив змін технологічних параметрів на показники роботи маршрутної мережі та обґрунтовувати ефективні управлінські рішення без втручання у реальні транспортні процеси. Водночас важливим напрямом сучасних досліджень є використання геоінформаційних систем, які забезпечують просторовий аналіз

транспортної інфраструктури, пасажиропотоків та характеристик маршрутної мережі. Інтеграція GIS-технологій із методами імітаційного моделювання дозволяє підвищити точність аналізу транспортних процесів, візуалізувати результати моделювання та враховувати просторові особливості функціонування міської транспортної системи при формуванні управлінських рішень [12 - 13].

Ще одним важливим напрямом є пасажироорієнтовний підхід (passenger-centric approach) (рис. 1.5), тобто орієнтація на потреби пасажирів [14, 15]. У межах даного підходу ефективність функціонування маршрутної системи оцінюється не лише за експлуатаційними показниками, але й з урахуванням сприйняття якості перевезень користувачами. У цьому контексті застосовується узагальнений показник транспортних витрат, що включає час поїздки, час очікування, кількість пересадок, транспортна економність пасажирів [1 - 3] та рівень комфортності. Такий підхід дозволяє більш комплексно оцінити вплив технологічних параметрів на якість транспортного обслуговування.

Сучасні транспортні системи розглядаються як складові інтелектуальної міської інфраструктури, що функціонує на основі інтеграції різноманітних джерел даних. Використання інформаційно-комунікаційних технологій забезпечує можливість оперативного управління параметрами перевезень, зокрема коригування інтервалів руху, оптимізації маршрутів та підвищення рівня інформування пасажирів.

Таким чином, сучасні інноваційні підходи до аналізу функціонування маршрутної системи характеризуються переходом:

- від статичних до динамічних моделей;
- від нормативних до фактичних даних;
- від ізольованого розгляду параметрів до системного аналізу їх взаємодії;
- від експлуатаційно орієнтованих до пасажироорієнтованих критеріїв оцінювання.

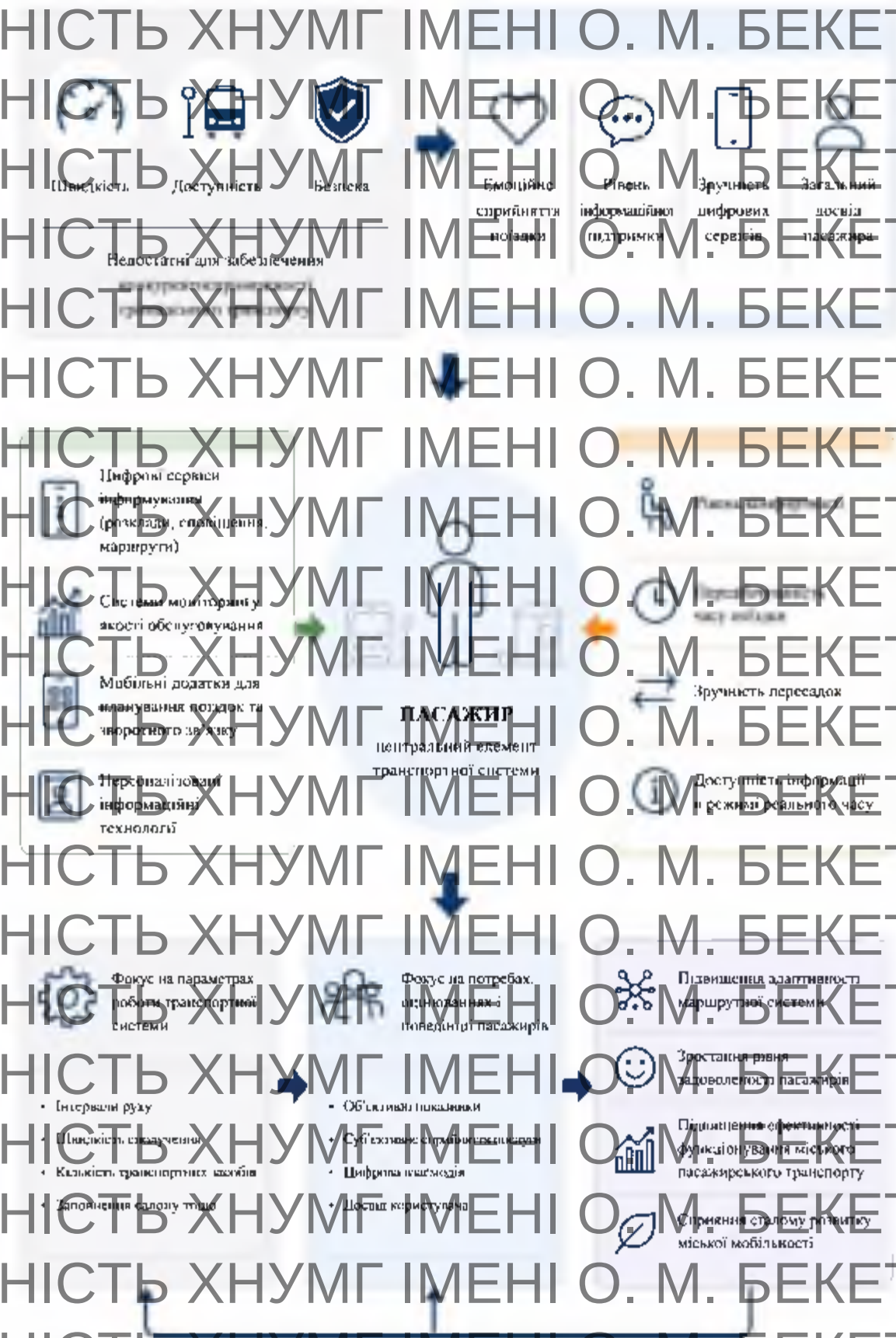


Рисунок 1.5 - Концептуальна схема пасажироорієнтованого підходу у системі міського пасажирського транспорту [14, 15]

З урахуванням зазначеного, доцільним є формування інтегрованого підходу до оцінки впливу технологічних параметрів перевезень, який враховує як експлуатаційні характеристики маршрутної системи, так і показники якості транспортного обслуговування пасажирів. Це створює методологічну основу для подальшого дослідження на прикладі Індустріального району міста Харкова та використання PTV Visum для імітаційного моделювання та інтелектуального аналізу даних маршрутної системи.

1.3. Сучасний стан функціонування існуючої маршрутної системи Індустріального району м. Харкова

1.3.1 Характеристика Індустріального району м. Харкова

Індустріальний район є одним із наймолодших районів Харкова. Його формування розпочалося на початку 1930-х років у зв'язку з будівництвом у східній частині міста Харківський тракторний завод (ХТЗ). До початку спорудження заводу, у 1930 році, на території сучасного району знаходилися лише станція «Лосеве» з трьома житловими квартирами та хутір Лосеве, який налічував близько двадцяти дворів. Уже в 1941 році населення району становило близько 70 тис. осіб [16].

У післявоєнний період район активно розбудовувався, зводилися нові промислові підприємства, житлові квартали та об'єкти інфраструктури. Сьогодні Індустріальний район є одним із найбільших промислових районів Харкова. Його площа становить 4526,86 га, що складає приблизно 12% території міста. Район межує із Пемішлянським районом Харкова на заході, а також із Харківським районом Харківської області на півночі, сході та півдні.

Індустріальний район також належить до найбільш озелених районів міста. Загальна площа зелених насаджень сягає 980 га, з яких 110,2 га займають парки, сквери, санітарно-захисні зони та інші зелені території [16].

До початку повномасштабної війни чисельність населення району становила 153,8 тис. осіб, що дорівнювало 10,8% населення Харкова. З огляду на площу території, щільність населення складала близько 3,4 тис. осіб на км².

Транспортна інфраструктура району включає 150 вулиць і доріг загальною довжиною 133 км. та площею понад 1,1 млн м². Із них: дороги загальноміського значення – 203,97 тис. м², районного значення – 659,76 тис. м², місцевого значення – 346,7 тис. м². [16].

Тип покриття на вулично - дорожній мережі є різним, включно із протяжністю: асфальтобетонне покриття – 87,02 км; щебеневе покриття – 32,55 км; ґрунтове покриття – 14,59 км; цементне покриття – 4,44 км. [16].

На території району розташовані залізничні станції «Лосеве-1», «Лосеве-2», мкр-п. «Обрій», а також автостанція «Заводська». Загальна протяжність шляхів загальноміського значення становить 14,97 км, районного – 72,25 км, місцевого – 51,38 км. [16].

Графічне представлення району наведено на рис. 1.6.

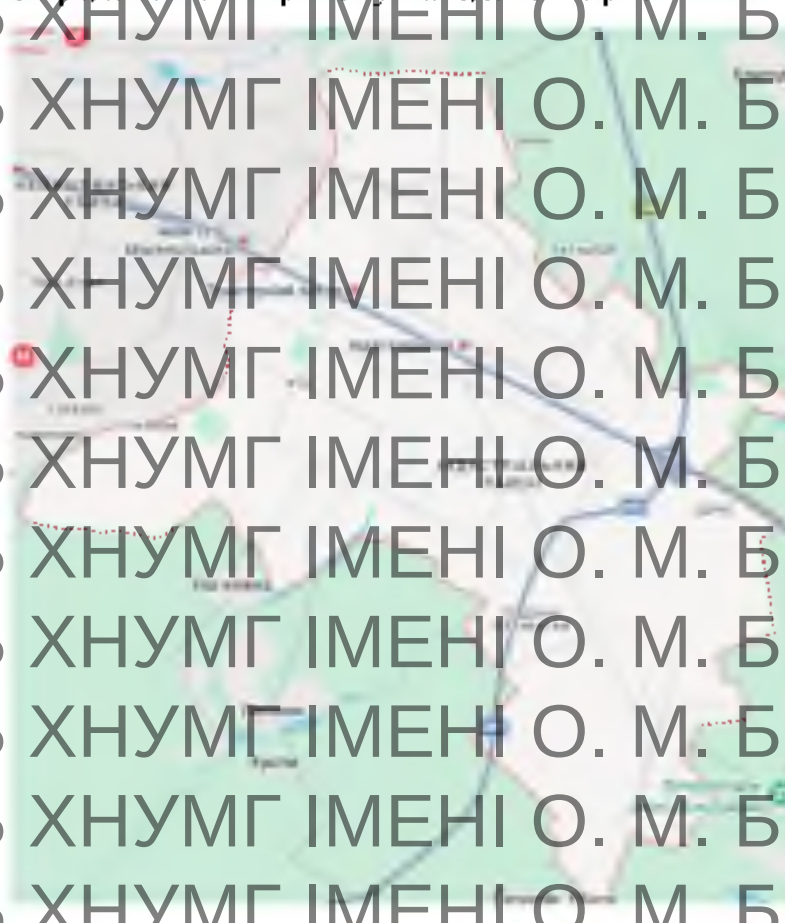


Рисунок 1.6 – Індустріальний район м. Харкова



Рисунок 1.7. Траси та номери маршрутів тролейбусів та автобусів в Індустріальному районі м. Харкова

Відтворення графічного представлення маршрутів перевезень пасажирів (рис. 1.7) потребує уточнення з зазначенням трас маршрутів з пазовою вулицею, по яких відбувається рух пасажирських транспортних засобів, кінцевих вулиць пунктів на маршруті (можуть знаходитись поза межами об'єкта дослідження), марки транспортного засобу, що визначає номінальну пасажиромісткість, час роботи маршруту, інтервали руху на маршрутах – табл. 1.4 [11].

Додатково до представлення існуючих трас маршрутів, наведемо дані щодо технологічних параметрів маршрутів (табл. 1.5), що включають довжину обертів, і відповідно, час обертів з урахуванням експлуатаційної швидкості пасажирських транспортних засобів. Технологічні параметри на деяких маршрутах визначені лише в межах шляху прямування по території району, зважаючи на відсутність відповідних даних у відкритих джерелах інформації.

Таблиця 1.4. – Траси трамвайних, тролейбусних, автобусних маршрутів Шевченківського району

м. Харкова [11]

Номер маршрута	Кінцеві зупинки маршруту	Шлях прямування по території об'єкта дослідження	Марка транспортного засобу, місткість (кількість місць для сидіння), пас.	Час роботи	Інтервал, хв.
1	2	3	4	5	6
Тролейбусні маршрути					
3	вул. Університетська - вул. 12-го Квітня	пр. Олександрівський (прямий: пр. Індустріальний – пр. Г. Харкова; зворотний: вул. 12-го Квітня) вул. 12-го Квітня	Болдан-Т701, ЛАЗ-ЕТ83, ЛАЗ-Е301	05:50-21:10	7-15
7	ст. м. «Армійська» - Східна	пр. Олександрівський (прямий: пр. Індустріальний; зворотний: вул. 12-го Квітня) – пр. Героїв Харкова – вул. Плиткова – вул. Шарикова - Східна	PTS-12	06:00-20:30	20-30

Продовження табл. 1.4

1	2	3	4	5	6
45	вул. 12-го Квітня - вул. Роганська	вул. 12-го Квітня - пр. Героїв Харкова – вул. Роганська	PTS 12, Богдан-Т701	05:40- 22:00	10-15
46	вул. 12-го Квітня – мкр-н. «Обрій»	вул. 12-го Квітня – пр. Героїв Харкова – бульв. Дмитра Антоновича мкр-н. «Обрій»	PTS 12	05:30- 22:00	15-20
51	вул. 12-го Квітня вул. Зубарева	вул. 12-го Квітня пр. Героїв Харкова вул. Роганська вул. Луї Пастера вул. 92-ї бригади – вул. Зубарева	PTS 12	05:40- 21:10	20-50
53	вул. 12-го Квітня – мкр-н. «Обрій»	вул. 12-го Квітня – пр. Г. Харкова – бульв. Дмитра Антоновича – вул. Велика Кільцева – вул. Юрія Савітіна – вул. Мала Кільцева – бул. Дмитра Антоновича мкр-н. «Обрій» бул. Дмитра Антоновича пр. Г. Харкова вул. 12-го Квітня	PTS 12	06:30- 17:45	45-60
59	вул. Університетська з/д станція «Рогань»	пр. Олександрівський – вул. 12-го Квітня, вул. Молодіжна вул. Луї Пастера вул. 92-ї бригади – вул. Роганська - з/д станція «Рогань»	PTS 12	06:40- 18:00	30-40

Продовження табл. 1.4

1	2	3	4	5	6
Автобусні маршрути					
21	ст. м. «Індустріальна» – сел. Затишшя	ст. м. «Індустріальна» – пр. Г. Харкова – Окружна дорога – вул. Шебелинська – вул. Румянцівська – сел. Затишшя	Karsan Jest 1	07:00- 19:15	50
52	вул. 12-го Квітня 759-й мкр-н	вул. 12-го Квітня – пр. Героїв Харкова вул. Роганська – вул. 92-ї бригади – вул. Зубарева – 759-й мікрорайон	Mercedes-Benz O530 Citaro	05:30- 21:15	15-30
59	ст. м. «Індустріальна» – вул. Біbliка, 4 ^а	ст. м. «Індустріальна» – пр. Г. Харкова – вул. Роганська – вул. Миру – вул. Біbliка – вул. Біbliка, 4 ^а	Karsan Jest+	07:45- 17:55	50-60
64	ст. м. «Тракторний завод» – вул. Дністровська	ст. м. «Тракторний завод» – пр. Арх. Альошина – вул. Луї Пастера – вул. Дністровська	Karsan Jest 1	06:30- 18:25	34-36

Продовження табл. 1.4

1	2	3	4	5	6
70	мкр-н «Обрій» вул. Зубарева	мкр-н «Обрій» – бульв. Дмитра Антоновича – пр. Г. Харкова – ст. м. «Індустріальна» пр. Г. Харкова – вул. Роганська – вул. Миру – вул. П'ятихатська – вул. Граківська – вул. Роганська – вул. Луї Пастера – вул. 92-ї бригади – вул. Зубарева	Karsan Jest+	07:00- 18:00	70
102	Основацьке озеро – Ринок ХТЗ	пр. Олександрівський - Ринок ХТЗ	Karsan Atak	06:30- 18:30	30-45
204	Північна Салтівка – ст. м. «Індустріальна»	вул. Лосівська – пр. Арх. Альошина – вул. Гіблика – вул. Миру – вул. Роганська пр. Г. Харкова – ст. м. «Індустріальна»	Mercedes-Benz O530 Citaro	05:40- 20:45	8-15
224	ст. м. «Тракторний завод» – вул. Довженка	ст. м. «Тракторний завод» пр. Арх. Альошина – пр. Олександрівський вул. Северина Потоцького – вул. Механізаторів – вул. Довженка	Karsan Jest+	06:30- 18:30	20-40

Продовження табл. 1.4

1	2	3	4	5	6
252	ст. м. «Індустріальна» - бульв. І. Каркача	ст. м. «Індустріальна» - пр. Г. Харкова – вул. Роганська вул. Миру вул. Плиткова вул. Луї Пастера - бульв. І. Каркача	Kisbus CityClass	05:30- 20:15	25-40
280	ст. м. «Тракторний завод» - вул. Плиткова	ст. м. «Тракторний завод» пр. Арх. Альошина – вул. Луї Пастера – вул. Дністровська – вул. Молодіжна – вул. Луї Пастера – вул. Плиткова	Karzan Atak	06:10- 20:25	40-50

По тролейбусним маршрутам №3, №45, №46, № 51 та частково по автобусному маршруту №204 технологічні параметри маршрутів зазначені у відкритих джерелах. Дані по іншим маршрутам представлені в результаті трасування маршрутів та визначення похідних значень, що використовуються при розрахунку відповідних параметрів табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Технологічні параметри маршрутів

Маршрут	Довжина обертів, км	Час обертів, хв.	Експлуатаційна швидкість транспортних, км./год.
3	31,4	121	15,57
7	11,768	44	16,00
45	9	32	16,88
46	8,85	32	16,59
51	12,42	52	14,33
53	8,657	32	16,40
59	15,828	59	16,20
21	14,092	47	18,00
52	9,68	31	18,00
59	6,07	20	18,00
64	9,981	33	18,00
70	19,994	67	18,00
102	2,2	7	18,00
204	6,669	22	18,00
224	9,723	32	18,00
252	8,11	27	18,00
280	9,781	33	18,00

Додатково зазначасмо перевізників, за якими закріплені представлені в табл. 1.5 маршрути.

Тролейбусний маршрут №3 обслуговується перевізником КП «Тролейбусне депо №2». Тролейбусний маршрут №45 обслуговується перевізником КП «Тролейбусне депо №3». Тролейбусні маршрути №7, 45, 46, 51, 53, 59 та автобусні №21, 52, 59, 64, 70, 102, 204, 224, 252, 280 обслуговуються перевізником КП «Салтівське трамвайне депо».

1.3.2. Формування топологічної схеми маршрутної мережі

Формування топологічної схеми маршрутної мережі пасажирських перевезень є важливим етапом організації транспортного обслуговування населення, що передбачає просторове відображення транспортних зв'язків між основними пунктами тяжіння пасажиропотоків. Зазначений процес базується на аналізі транспортно-планувальної структури міста, розміщення житлових районів, промислових зон, громадських центрів та об'єктів соціальної інфраструктури. На основі дослідження існуючих і перспективних пасажиропотоків визначаються основні транспортні кореспонденції, після чого здійснюється побудова маршрутів, які забезпечують найкоротші та найефективніші зв'язки між районами міста. При цьому враховуються пропускна спроможність вулично-дорожньої мережі, рівень транспортної доступності, можливість пересадок та раціональність використання рухомого складу.

Топологічна схема маршрутної мережі формується у вигляді графічної моделі (рис. 1.8), де транспортні вузли та зупиночні пункти відображаються у вигляді вершин графа, а маршрути сполучення – у вигляді ребер. Такий підхід дозволяє оцінити ступінь зв'язності пасажирської транспортної системи, виявити дублювання маршрутів, перевантажені ділянки та недостатньо забезпечені транспортним сполученням райони.



Рисунок 1.8 – Топологічна схема маршрутної мережі

Параметри ділянок пасажирської маршрутної мережі (табл. 1.6) характеризуються їх довжиною, видами пасажирського транспорту, що здійснюють рух ділянкою, кількістю смуг для руху.

Таблиця 1.6 – Параметри ділянок пасажирської маршрутної мережі

Ділянка	Види пасажирського транспорту	Довжина, км.	Кількість смуг руху, од.
1	2	3	4
1-27	Bus,Tr	0,993	2
1-2	Bus,Tr	0,719	2
1-3	Bus,Tr	0,255	2

Продовження табл. 1.6

1	2	3	4
2-1	Bus, Tr	0,719	2
2-9	Bus, Tr	0,584	2
2-4	Bus, Tr	0,595	2
3-24	Bus, Tr	1,254	2
3-28	Bus, Tr	0,996	1
3-4	Bus, Tr	0,822	1
3-1	Bus, Tr	0,255	2
4-5	Bus, Tr	0,605	1
4-12	Bus, Tr	0,608	2
4-3	Bus, Tr	0,822	1
5-4	Bus, Tr	0,605	1
5-7	Bus, Tr	1,123	1
5-9	Bus, Tr	0,589	2
5-13	Bus, Tr	0,579	2
6-8	Bus, Tr	0,964	2
7-5	Bus, Tr	1,123	1
8-17	Bus, Tr	4,162	2
8-27	Bus, Tr	1,654	3
8-6	Bus, Tr	0,964	2
9-2	Bus, Tr	0,584	2
9-5	Bus, Tr	0,589	2
9-10	Bus, Tr	0,746	2
10-14	Bus, Tr	1,327	1
10-9	Bus	0,746	2
11-25	Bus, Tr	0,766	1
11-29	Bus, Tr	0,406	2

Продовження табл. 1.6

1	2	3	4
11-30	Bus, Tr	1,252	2
12-13	Bus, Tr	0,595	3
12-20	Bus, Tr	0,713	1
13-12	Bus, Tr	0,595	3
13-14	Bus, Tr	0,572	3
13-5	Bus, Tr	0,579	2
14-13	Bus, Tr	0,572	3
14-16	Bus, Tr	0,542	3
14-10	Bus, Tr	1,327	1
14-19	Bus, Tr	0,770	1
15-29	Bus, Tr	1,107	2
15-23	Bus, Tr	1,551	2
16-14	Bus, Tr	0,542	3
16-18	Bus, Tr	2,278	1
17-8	Bus, Tr	4,162	2
18-16	Bus, Tr	2,278	1
19-14	Bus, Tr	0,770	1
19-20	Bus, Tr	1,197	1
20-22	Bus, Tr	0,800	1
20-19	Bus, Tr	1,197	1
20-21	Bus, Tr	0,966	1
20-12	Bus, Tr	0,713	1
21-20	Bus, Tr	0,966	1
22-20	Bus, Tr	0,800	1
22-25	Bus, Tr	0,888	1
23-15	Bus, Tr	1,551	2

Продовження табл. 1.6

1	2	3	4
24-25	Bus, Tr	0,917	1
24-3	Bus, Tr	1,254	2
24-29	Bus, Tr	0,958	2
24-26	Bus, Tr	0,328	1
25-22	Bus, Tr	0,888	1
25-24	Bus, Tr	0,917	1
25-11	Bus, Tr	0,766	1
26-24	Bus, Tr	0,328	1
26-28	Bus, Tr	0,430	1
27-8	Bus, Tr	1,654	3
27-1	Bus, Tr	0,993	2
27-28	Bus, Tr	0,264	1
28-27	Bus, Tr	0,264	1
28-29	Bus, Tr	2,050	1
28-3	Bus, Tr	0,996	1
28-26	Bus, Tr	0,430	1
29-24	Bus, Tr	0,958	2
29-15	Bus, Tr	1,107	2
29-28	Bus, Tr	2,050	1
29-11	Bus, Tr	0,406	2
30-11	Bus, Tr	1,252	2

Опис ділянок маршрутної мережі є необхідною складовою процесу організації руху маршрутних транспортних засобів та подальшого розподілу пасажиропотоків відповідно до обраної моделі функціонування транспортної системи. Формування та допливання пасажиропотоків у межах маршрутної системи можуть бути визначені емпіричним методом на основі натурних

спостережень. У результаті проведених досліджень було визначено попит населення на поресування маршрутним пасажирським транспортом у межах маршрутної системи Індустріального району міста Харкова.

Визначення попиту на перевезення здійснювалося шляхом обстеження пасажирообміну на зупиночних пунктах (табл. 1.7). У процесі дослідження фіксувалася кількість пасажирів, які здійснювали посадку та висадку із салону транспортного засобу на зупинках, розташованих у межах центральної частини відповідного транспортного району. Отримані дані стануть підґрунтям для подальшого аналізу пасажиропотоків та оцінки ефективності функціонування маршрутної системи.

Таблиця 1.7 – Характеристики попиту на перевезення

№	Адресна прив'язка	Кількість відправлень, пас.	Кількість прибуттів, пас.
1	2	3	4
1	пр. Г. Харкова - вул. Роганська	6444	10743
2	пр. Г. Харкова - вул. 12-го Квітня	2874	1665
3	вул. Миру - вул. Роганська	680	1130
4	вул. Біблика - вул. 12-го Квітня	45	102
5	пр. Індустріальний - вул. Біблика	68	18
6	бульв. Дмитра Антоновича - мкр-н. «Обрій»	7604	1372
7	вул. Біблика	70	154
8	пр. ІІ Харкова - Окружна дорога	1180	317
9	пр. ІІ Харкова - пр. Індустріальний	152	440
10	ст. м. Тракторний Завод	552	1315
11	вул. 92-ї Бригади - вул. Луї Пастера	910	465

Продовження табл. 1.7

№	3	3	4
12	пр. Олександрівський - вул. 12-го Квітня	189	120
13	пр. Олександрівський - пр. Індустріальний	555	328
14	пр. Олександрівський - пр. Архітектора Альошина	355	312
15	вул. Роганська - вул. Олександра Зубарева	687	575
16	пр. Олександрівський - вул. С. Петюнького	2876	7605
17	осл. Затишшя	67	40
18	вул. Довженка	77	53
19	пр. Архітектора Альошина - вул. Луї Пастера	211	129
20	вул. 12-го Квітня - вул. Луї Пастера	257	134
21	вул. Дністровська	87	68
22	вул. 12-го Квітня - бульв. І. Каркача	165	93
23	з/д станція «Рогань»	305	150
24	вул. Роганська - вул. Плиткова	419	226
25	вул. Луї Пастера - вул. Плиткова	191	96
26	вул. Плиткова - вул. Шарикова	65	68
27	пр. Г. Харкова - вул. Плиткова	428	311
28	вул. Миру - вул. Плиткова	82	44
29	вул. 92-ї Бригади - вул. Роганська	394	257

Продовження табл. 1.7

1	2	3	4
30	вул. 92-ї Бригади	636	305
	Всього, пас.	28625	28625

1.4. Висновки по розділу

Досліджено теоретичні засади функціонування маршрутної системи міського пасажирського транспорту та визначено особливості впливу технологічних параметрів перевезень на показники її роботи. Встановлено, що маршрутна система є складною динамічною системою, ефективність функціонування якої залежить від взаємодії операційних, інфраструктурних, організаційних та цифрових параметрів. Систематизовано показники оцінювання роботи маршрутної мережі та визначено, що реальні транспортні процеси характеризуються значною варіативністю, зумовленою нерівномірністю пасажиропотоків, дорожніми умовами, експлуатаційними та зовнішніми факторами.

Проаналізовано сучасні інноваційні підходи до аналізу маршрутних систем, зокрема підхід. Визначено, що використання цифрових технологій, GPS/AVL-систем та методів імітаційного моделювання дозволяє підвищити точність оцінювання параметрів функціонування транспортної системи, забезпечити прогнозування її стану та обґрунтувати ефективні управлінські рішення. На основі проведеного аналізу обґрунтовано доцільність використання PTV Visum для подальшого дослідження впливу технологічних параметрів перевезень на показники функціонування маршрутної системи індустріального району міста Харкова.

Охарактеризована транспортна інфраструктура перевезень пасажирів в індустріальному районі м. Харкова. Визначені параметри дорожніх умов,

маршрутів руху, визначений попит на перевезення пасажирів. Представлені характеристики перевозонів пасажирів дозволяють здійснити формування моделі розподілу пасажиропотоків в маршрутній системі.

РОЗДІЛ 2

ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ РОЗПОДІЛУ ПАСАЖИРОПОТОКІВ В МАРШРУТНІЙ СИСТЕМІ

Модель розподілу пасажиропотоків в маршрутній системі Індустріального району м. Харкова формується в програмному середовищі PTV Visum, що дозволяє виконувати аналіз існуючого стану функціонування маршрутної системи та шляхом впровадження певних змін технологічного процесу перевезень, аналізувати вплив на показники функціонування маршрутної системи.

Формування моделі розподілу пасажиропотоків починається з зазначення операторів ринку пасажирських перевезень (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 Перелік операторів ринку пасажирських перевезень

Далі зазначаємо марки транспортних засобів та їхні характеристики в програмному середовищі PTV Visum (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 Марки транспортних засобів та їхні характеристики

Для створення маршрутів (рис. 2.3) необхідно вказати перевізника, марку пасажирського транспортного засобу, що відразу з урахуванням характеристик зазначених на рис. 2.2, визначає кількість пасажиромісць запропонованих для перевезень пасажирів.

Створення маршрутів перевезень може передбачати класичні маршрути з двома кінцевими зупиночними пунктами, також можуть бути сформовані колові маршрути, або їх комбінація. В дану випадку були сформовані траси маршрутів в прямому та зворотному напрямках, зазначені в першій частині попереднього твердження (рис. 2.4, 2.5).

Рисунок 2.3 Створення маршрутів перевезень

Рисунок 2.4 Траси маршрутів в прямому та зворотному напрямках

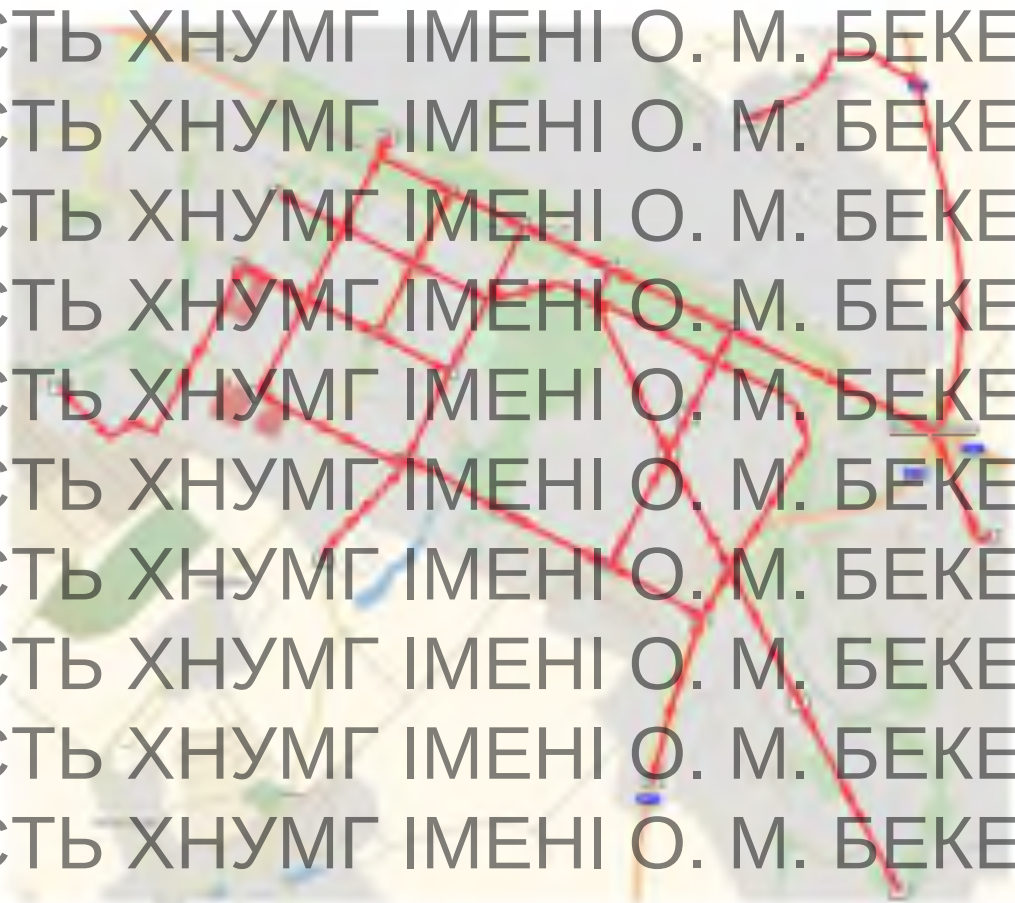


Рисунок 2.5 – Графічне представлення створення маршрутів перевезення пасажирів

Створення маршрутів та трас в прямому та зворотньому напрямках, є попереднім етапом розподілу кореспонденцій на маршрути. Для визначення величини пасажиропотоків на маршрутах та поєднання цих величин з кількістю виконаних рейсів, необхідним є введення інформації про тривалість пікового період (періоду моделювання) та кількість виконаних рейсів на маршрутах системи. Виконання вищезазначеного, можливе через зазначення тривалості пікового періоду та інтервалів руху пасажирських транспортних засобів.

В результаті формуються розклади руху – в табличному та графічному представленні (рис. 2.6, 2.7). В табличному розкладі руху представлені часові характеристики прибуття пасажирських транспортних засобів на зупиночні пункти маршрутної системи, натомість в графічному розкладі руху



Рисунок 2.7. Графічний метод представлення розкладу руху

Попередні кроки формування моделі функціонування маршрутної системи є базовими перед розподілом кореспонденцій на маршрути. Методи розподілу кореспонденцій на маршрути, можуть бути різними в залежності від завдань дослідження. Одним з методів, є метод максимізації ентропії розподілу пасажирських кореспонденцій, що відповідає найбільш вірогідному розподілу кореспонденцій в матриці кореспонденцій, що складається з тридцяти транспортних районів.

Згідно ентропійного підходу на початковому етапі формується матриця довжини поїздки між транспортними районами (рис. 2.8).

Transport Districts: 40000 km²																															
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	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	6.0	6.3	6.6	6.9	7.2	7.5	7.8	8.1	8.4	8.7	9.0	9.3	9.6	
2	1.2	0	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.1	4.4	4.7	5.0	5.3	5.6	5.9	6.2	6.5	6.8	7.1	7.4	7.7	8.0	8.3	8.6	8.9	9.2	
3	1.5	1.1	0	1.3	1.6	1.9	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.7	4.0	4.3	4.6	4.9	5.2	5.5	5.8	6.1	6.4	6.7	7.0	7.3	7.6	7.9	8.2	8.5	8.8	9.1	
4	1.8	1.4	1.3	0	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	6.0	6.3	6.6	6.9	7.2	7.5	7.8	8.1	8.4	8.7	9.0	
5	2.1	1.7	1.6	1.5	0	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.1	4.4	4.7	5.0	5.3	5.6	5.9	6.2	6.5	6.8	7.1	7.4	7.7	8.0	8.3	8.6	8.9	
6	2.4	2.0	1.9	1.8	1.7	0	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	6.0	6.3	6.6	6.9	7.2	7.5	7.8	8.1	8.4	8.7	9.0	
7	2.7	2.3	2.2	2.1	2.0	2.1	0	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	6.0	6.3	6.6	6.9	7.2	7.5	7.8	8.1	8.4	8.7	9.0	
8	3.0	2.6	2.5	2.4	2.3	2.4	2.4	0	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	6.0	6.3	6.6	6.9	7.2	7.5	7.8	8.1	8.4	8.7	9.0	
9	3.3	2.9	2.8	2.7	2.6	2.7	2.7	2.7	0	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	6.0	6.3	6.6	6.9	7.2	7.5	7.8	8.1	8.4	8.7	9.0	
10	3.6	3.2	3.1	3.0	2.9	3.0	3.0	3.0	3.0	0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	6.0	6.3	6.6	6.9	7.2	7.5	7.8	8.1	8.4	8.7	9.0	
11	3.9	3.5	3.4	3.3	3.2	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	0	3.6	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	6.0	6.3	6.6	6.9	7.2	7.5	7.8	8.1	8.4	8.7	9.0	
12	4.2	3.8	3.7	3.6	3.5	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	0	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	6.0	6.3	6.6	6.9	7.2	7.5	7.8	8.1	8.4	8.7	9.0	
13	4.5	4.1	4.0	3.9	3.8	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	0	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	6.0	6.3	6.6	6.9	7.2	7.5	7.8	8.1	8.4	8.7	9.0	
14	4.8	4.4	4.3	4.2	4.1	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	0	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	6.0	6.3	6.6	6.9	7.2	7.5	7.8	8.1	8.4	8.7	9.0	
15	5.1	4.7	4.6	4.5	4.4	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	0	4.8	5.1	5.4	5.7	6.0	6.3	6.6	6.9	7.2	7.5	7.8	8.1	8.4	8.7	9.0	
16	5.4	5.0	4.9	4.8	4.7	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	0	5.1	5.4	5.7	6.0	6.3	6.6	6.9	7.2	7.5	7.8	8.1	8.4	8.7	9.0	
17	5.7	5.3	5.2	5.1	5.0	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	0	5.4	5.7	6.0	6.3	6.6	6.9	7.2	7.5	7.8	8.1	8.4	8.7	9.0	
18	6.0	5.6	5.5	5.4	5.3	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	0	5.7	6.0	6.3	6.6	6.9	7.2	7.5	7.8	8.1	8.4	8.7	9.0	
19	6.3	5.9	5.8	5.7	5.6	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	0	6.0	6.3	6.6	6.9	7.2	7.5	7.8	8.1	8.4	8.7	9.0	
20	6.6	6.2	6.1	6.0	5.9	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	0	6.3	6.6	6.9	7.2	7.5	7.8	8.1	8.4	8.7	9.0	
21	6.9	6.5	6.4	6.3	6.2	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	0	6.6	6.9	7.2	7.5	7.8	8.1	8.4	8.7	9.0	
22	7.2	6.8	6.7	6.6	6.5	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	0	6.9	7.2	7.5	7.8	8.1	8.4	8.7	9.0	
23	7.5	7.1	7.0	6.9	6.8	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	0	7.2	7.5	7.8	8.1	8.4	8.7	9.0	
24	7.8	7.4	7.3	7.2	7.1	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	0	7.5	7.8	8.1	8.4	8.7	9.0	
25	8.1	7.7	7.6	7.5	7.4	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	0	7.8	8.1	8.4	8.7	9.0	
26	8.4	8.0	7.9	7.8	7.7	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	0	8.1	8.4	8.7	9.0
27	8.7	8.3	8.2	8.1	8.0	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	0	8.4	8.7	9.0
28	9.0	8.6	8.5	8.4	8.3	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	0	8.7	9.0
29	9.3	8.9	8.8	8.7	8.6	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	0	9.0
30	9.6	9.2	9.1	9.0	8.9	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	0

Рисунок 2.8. Матриця довжини поїздки між транспортними районами

На основі матриці довжини поїздки між транспортними районами формується матриця функції опору пересування, що описується рівнянням.

$$f_{ij} = e^{-\beta l_{ij}}, \quad (2.1)$$

де l_{ij} - відстань пересування між районами (рис. 2.8), км.

Матриця функцій опору пересування представлена в табл. А.1 додатку до кваліфікаційної роботи.

Після визначення значень функцій опору (табл. А.1) відбувається перехід до матриць кореспонденцій (табл. А.2) за відповідною формулою визначення цього параметру [17]. Калібрування матриці кореспонденцій ентропійним методом передбачає визначення калібрувальних коефіцієнтів, що взаємопов'язаними на кожній з ітерацій калібрування. Окрім цього суттєвий вплив на розподіл кореспонденцій між транспортними районами чинить значення коефіцієнту β , що міститься в (2.4).

Для цього в роботі були проведені дослідження значень коефіцієнту β на середні значення відсоткових відхилень суми обсягів відправлення та прибуття в матриці кореспонденцій, та на абсолютні відхилення обсягів відправлення та прибуття (рис. 2.9 та 2.10, табл. 2.1).



Рисунок 2.9 – Графік середніх значень відсоткових відхилень суми обсягів відправлення та прибуття



Рисунк 2.10 – Графік абсолютних відхилення обсягів відправлення та прибуття

Таблиця 2.1 – Визначення оцінних параметрів відсоткових відхилення суми обсягів відправлення та прибуття в матриці кореспонденцій та абсолютних відхилення обсягів відправлення та прибуття

Параметр функції опору β	Перша ітерація		Друга ітерація	
	Середнє відхилення, %	Абсолютне відхилення, од.	Середнє відхилення, %	Абсолютне відхилення, од.
1	2	3	4	5
0,01	1,84	23	1,3	17
0,02	1,55	16	1,31	19
0,03	1,76	13	1,28	15
0,04	1,51	3	1,12	16
0,05	1,48	8	1,11	15
0,06	1,54	6	1,04	9
0,07	1,42	20	1,19	18

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5
0,08	1,43	18	1,19	20
0,09	1,36	11	1,13	25
0,10	1,51	21	1,20	8
0,11	1,47	20	1,09	8

В результаті балансування матриці кореспонденцій ентропійним методом, за результатами аналізу рис. 2.9 та рис. 2.10, а також даних табл. 2.1 очевидним прийнятним параметром функції опору β , буде значення 0,06, що забезпечує відповідно середні відсоткові відхилення кореспонденцій за відправленням та прибуттям для першої та другої ітерації на рівні 1,54% та 1,04%, та абсолютні відхилення – 6 од. та 9 од. Відповідні матриці кореспонденцій представлені в табл. А.2, А.3 додатка. Використовуючи значення розподілу кореспонденцій з табл. А. 3 отримуємо (рис. 2.11.)

Рисунок 2.11 – Графічне представлення розподілу кореспонденцій в маршрутній системі

РОЗДІЛ 3

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ НА ПОКАЗНИКИ ФУНКЦІОНУВАННЯ МАРШРУТНОЇ СИСТЕМИ

Вплив технологічних параметрів може на показники функціонування маршрутної системи може бути різноспрямованим. Технологічні показники можуть бути змінні, як через характеристики маршруту, так і через характеристики транспортних засобів, характеристики маршрутної системи, характеристики маршрутів перевезення пасажирів. З урахуванням складності формування маршрутної системи в PTV Visum за невеликої кількості маршрутів, зміна характеристик маршрутів, інтервальних характеристик руху транспортних засобів, зміна характеру слідування маршрутів системою не є доцільною. Пропонується розглянути вплив єдиного параметру, а саме, часу простоя на проміжних зупинках маршруту на показники функціонування маршрутної системи. Результати такого впливу, після визначення відповідних показників шляхом моделювання, представлені в табл. 3.1

Таблиця 3.1 – Показники функціонування маршрутної системи

Час простоя на проміжних зупинках, хв.	Загальні витрати часу, год.	Середній час очікування пересадки, є.	Середня відстань поїздки, км.	Швидкість сполучення, км/год.	Коефіцієнт пересадності
0,2	3185,2	37	3,517	37	1,242
0,4	3592,0	36	3,505	36	1,254
0,6	4026,5	35	3,490	35	1,269
0,8	4424,0	34	3,468	34	1,282
1,2	4781,6	31	3,450	31	1,305

Будуємо графіки залежності представлених показників (табл. 3.1) в залежності від діапазону зміни часу простою пасажирських транспортних засобів на проміжних зупинках маршруту (рис. 3.1 – 3.5).



Рисунок 3.1 – Графік залежності загальних витрат часу від часу простою пасажирських транспортних засобів на проміжних зупинках маршруту



Рисунок 3.2 – Графік залежності середнього часу очікування пересадки від часу простою пасажирських транспортних засобів на проміжних зупинках маршруту

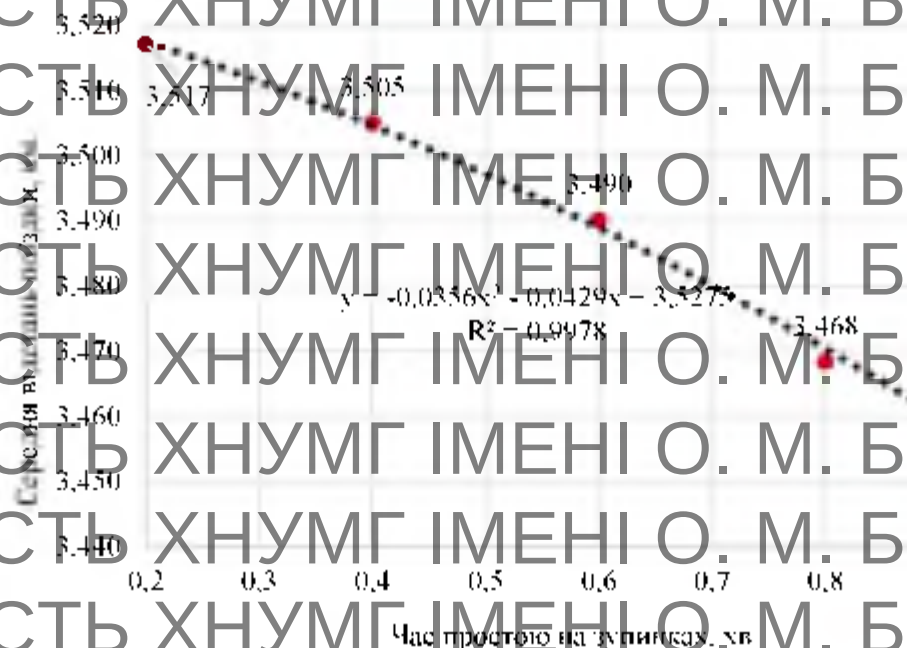


Рисунок 3.3 – Графік залежності середньої відстані поїздки від часу простою пасажирських транспортних засобів на проміжних зупинках маршруту

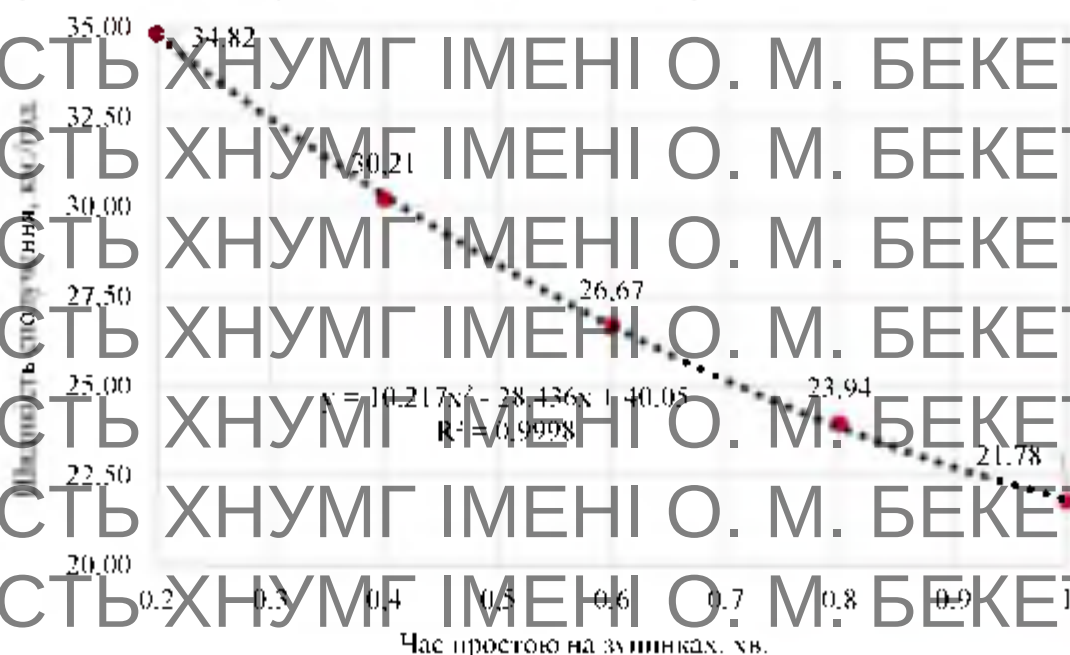


Рисунок 3.4 – Графік залежності швидкості сполучення від часу простою пасажирських транспортних засобів на проміжних зупинках маршруту

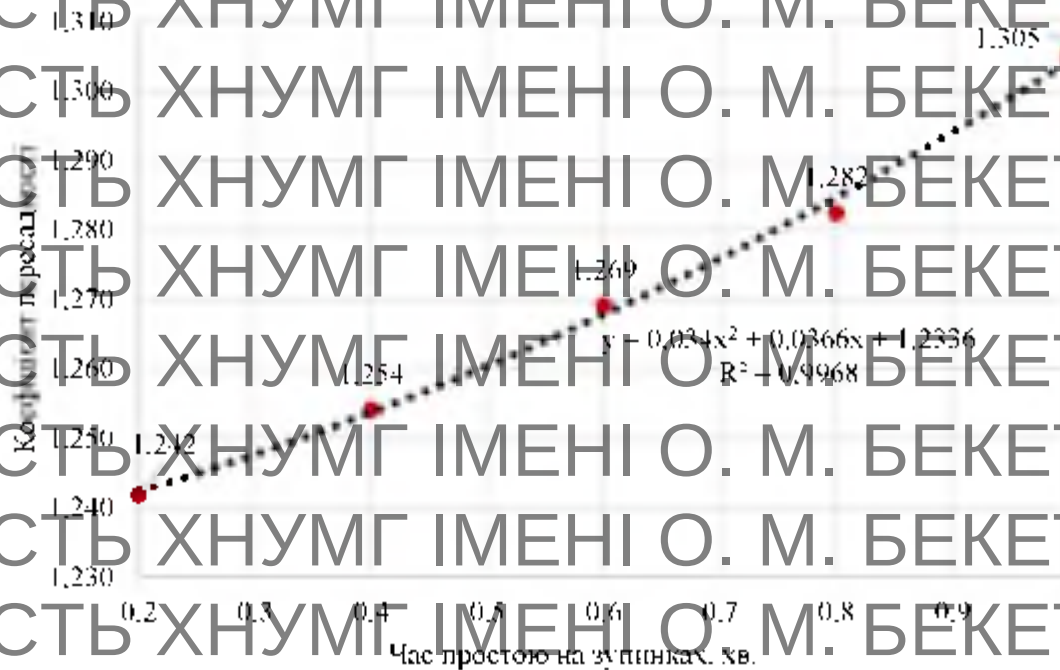


Рисунок 3.5 Графік залежності коефіцієнта пересадності від часу простою пасажирських транспортних засобів на проміжних зупинках маршруту

На графіках залежності (рис. 3.1 – 3.5) представлені рівняння зміни відповідних показників функціонування маршрутної системи. Адекватність опису рівняннями зміни відповідних показників можна оцінити шляхом визначення помилки апроксимації (табл. 3.2 – 3.6).

Таблиця 3.2 – Визначення помилки апроксимації рівняння загальних витрат часу в маршрутній системі

Час простою на проміжних зупинках, хв.	Загальні витрати часу фактичні, год.	Загальні витрати часу за моделлю, год.	Помилка апроксимації, %
1	2	3	4
0,2	3185,2	3196,9	0,37
0,4	3592,0	3686,5	2,63
0,6	4026,5	4195,5	4,20

Продовження табл. 3.2

1	2	3	4
0,8	4424,0	4723,8	6,78
1,0	4781,6	5271,5	10,25
Середня помилка, %			4,84

Таблиця 3.3 – Визначення помилки апроксимації середнього часу очікування пересадки

Час простоя на проміжних зупинках, хв.	Середній час очікування пересадки фактичний, с	Середній час очікування пересадки за моделлю, с	Помилка апроксимації, %
0,2	37	36,83	0,46
0,4	36	36,29	0,79
0,6	35	35,17	0,49
0,8	34	33,49	1,51
1,0	31	31,23	0,74
Середня помилка, %			0,80

Таблиця 3.4 – Визначення помилки апроксимації середньої відстані поїздки

Час простоя на проміжних зупинках, хв.	Середня відстань поїздки фактична, год.	Середня відстань поїздки за моделлю, год.	Помилка апроксимації, %
1	2	3	4
0,2	3,517	3,517	0,01
0,4	3,505	3,505	0,01
0,6	3,490	3,489	0,03

Повторення табл. 3.4

1	2	3	4
0,8	3,468	3,470	0,06
1,0	3,450	3,449	0,02
Середня помилка, %			0,03

Таблиця 3.5 – Визначення помилки апроксимації швидкості сполучення

Час простою на проміжних зупинках, хв.	Швидкість сполучення фактична, км./год.	Швидкість сполучення за моделлю, км./год.	Помилка апроксимації, %
0,2	34,82	34,77	0,15
0,4	30,21	30,31	0,33
0,6	26,67	26,67	0,01
0,8	23,94	23,84	0,42
1,0	21,78	21,83	0,23
Середня помилка, %			0,23

Таблиця 3.6 – Визначення помилки апроксимації коефіцієнта пересадності

Час простою на проміжних зупинках, хв.	Коефіцієнт пересадності фактичний	Коефіцієнт пересадності за моделлю	Помилка апроксимації, %
0,2	34,82	34,77	0,15
0,4	30,21	30,31	0,33
0,6	26,67	26,67	0,01
0,8	23,94	23,84	0,42
1,0	21,78	21,83	0,23
Середня помилка, %			0,23

Додаткового пояснення потребує фізичний сенс отриманих закономірностей зміни показників (рис. 3.1 – 3.5).

Тенденція зміни загальних витрат часу від часу простою пасажирських транспортних засобів на проміжних зупинках маршруту (рис. 3.1) описується монотонно зростаючим поліномом другого порядку. Така тенденція пояснюється фактом збільшення простою пасажирських транспортних засобів на проміжних зупинках маршруту, що призводить до збільшення часу рейсу і відповідного збільшення загальних витрат часу пасажирів.

Тенденція зміни середнього часу очікування пересадки від часу простою пасажирських транспортних засобів на проміжних зупинках маршруту (рис. 3.2) описується монотонно спадаючим поліномом другого порядку. Така тенденція пояснюється фактом зменшення часу очікування пасажирів на проміжному зупиночному пункті, тому що простій пасажирських транспортних засобів на проміжних зупинках маршруту збільшується, що дозволяє пасажирам здійснити посадку з більшою ймовірністю.

Тенденція зміни середньої відстані поїздки від часу простою пасажирських транспортних засобів на проміжних зупинках маршруту (рис. 3.3) описується монотонно спадаючим поліномом другого порядку. Така тенденція пояснюється фактом зменшення середньої відстані поїздки у зв'язку з тим, що додатковий час простою на проміжному зупиночному пункті призводить до виникнення додаткових альтернативних видів пересувань в маршрутній системі і відмові здійснення пасажирами поїздок на маршрутному пасажирському транспорті.

Тенденція зміни швидкості сполучення від часу простою пасажирських транспортних засобів на проміжних зупинках маршруту (рис. 3.4) описується монотонно спадаючим поліномом другого порядку. Така тенденція пояснюється фактом зменшення питомої ваги технологічних операцій з руху транспортних засобів та збільшенням питомої ваги операцій з простою пасажирських транспортних засобів на маршрутах системи.

Тенденція зміни коефіцієнта пересадності від часу простою пасажирських транспортних засобів на проміжних зупинках маршруту (рис. 3.5) описується монотонно зростаючим поліномом другого порядку. Така тенденція пояснюється появою альтернатив для пересування в маршрутній транспортній системі, у зв'язку з прибуттям транспортних засобів альтернативних маршрутів, що відповідають меті здійснення пересування та можливості здійснювати пересадки з маршруту на маршрут, завдяки збільшенню часу простою пасажирських транспортних засобів на проміжних зупиночних пунктах.

ВИСНОВКИ

Досліджено теоретичні засади функціонування маршрутної системи міського пасажирського транспорту та визначено особливості впливу технологічних параметрів перевезень на показники її роботи. Встановлено, що маршрутна система є складною динамічною системою, ефективність функціонування якої залежить від взаємодії операційних, інфраструктурних, організаційних та цифрових параметрів. Систематизовано показники оцінювання роботи маршрутної мережі та визначено, що реальні транспортні процеси характеризуються значною варіативністю, зумовленою нерівномірністю пасажиропотоків, дорожніми умовами, експлуатаційними та зовнішніми факторами.

Проаналізовано сучасні інноваційні підходи до аналізу маршрутних систем, зокрема підхід. Визначено, що використання цифрових технологій, GPS/AVL-систем та методів імітаційного моделювання дозволяє підвищити точність оцінювання параметрів функціонування транспортної системи, забезпечити прогнозування її стану та обґрунтувати ефективні управлінські рішення. На основі проведеного аналізу обґрунтовано доцільність використання PTV Visum для подальшого дослідження впливу технологічних параметрів перевезень на показники функціонування маршрутної системи Індустріального району міста Харкова.

Охарактеризована транспортна інфраструктура перевезень пасажирів в Індустріальному районі м. Харкова. Визначені параметри дорожніх умов, маршрутів руху, визначений попит на перевезення пасажирів. Представлені характеристики перевезень пасажирів дозволяють здійснити формування моделі розподілу пасажиропотоків в маршрутній системі.

Сформована модель розподілу пасажиропотоків в маршрутній системі. Сформована матриця кореспонденцій розподілу пасажирів з використанням ентропійного підходу. Визначений параметр функції опору, що мінімізує

середні значення відсоткових відхилень суми обсягів відправлення та прибуття в матриці кореспонденцій та абсолютні відхилення обсягів відправлення та прибуття.

Оцінка часу простою на проміжних зупинках на технологічні показники перевезень в маршрутній системі вказують на наступну тенденцію зміни показників. Тенденція зміни загальних витрат часу від часу простою пасажирських транспортних засобів на проміжних зупинках маршруту описується монотонно зростаючим поліномом другого порядку. Така тенденція пояснюється фактом збільшення простою пасажирських транспортних засобів на проміжних зупинках маршруту, що призводить до збільшення часу рейсу і відповідного збільшення загальних витрат часу пасажирів. Тенденція зміни середнього часу очікування пересадки від часу простою пасажирських транспортних засобів на проміжних зупинках маршруту описується монотонно спадаючим поліномом другого порядку. Така тенденція пояснюється фактом зменшення часу очікування пасажирів на проміжному зупиночному пункті, тому що простій пасажирських транспортних засобів на проміжних зупинках маршруту збільшується, що дозволяє пасажирам здійснити посадку з більшою ймовірністю. Тенденція зміни середньої відстані поїздки від часу простою пасажирських транспортних засобів на проміжних зупинках маршруту описується монотонно спадаючим поліномом другого порядку. Така тенденція пояснюється фактом зменшення середньої відстані поїздки у зв'язку з тим, що додатковий час простою на проміжному зупиночному пункті призводить до виникнення додаткових альтернативних видів пересувань в маршрутній системі і відмові здійснення пасажирами поїздок на маршрутному пасажирському транспорті. Тенденція зміни швидкості сполучення від часу простою пасажирських транспортних засобів на проміжних зупинках маршруту описується монотонно спадаючим поліномом другого порядку. Така тенденція пояснюється фактом зменшення питомої ваги технологічних операцій з руху транспортних засобів та

збільшенням питомої ваги операцій з простою пасажирських транспортних засобів на маршрутах системи. Тенденція зміни коефіцієнта пересадності від часу простою пасажирських транспортних засобів на проміжних зупинках маршруту описується монотонно зростаючим поліномом другого порядку. Така тенденція пояснюється появою альтернатив для пересування в маршрутній транспортній системі, у зв'язку з прибуттям транспортних засобів альтернативних маршрутів, що відповідають меті здійснення пересування та можливості здійснювати пересадки з маршруту на маршрут, завдяки збільшенню часу простою пасажирських транспортних засобів на проміжних зупиночних пунктах.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Вакуленко К. Є., Доля К. В. Управління міським пасажирським транспортом : навч. посіб. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 257 с.
2. Вакуленко К. Є., Доля К. В. Логістичні принципи управління системою міського пасажирського транспорту. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2014. Т. 3, № 3(69). С. 33 - 37.
3. Djordjevic B., Krnac E. Key performance indicators for measuring the impacts of ITS on transport. Proceedings of the ISCTP. 2016. P. 1 - 8.
4. Tirachini A., Cats O., Allen J., Liu R. Headway variability in public transport: A review of metrics, determinants, effects for quality of service and control strategies. Transport Reviews. 2022. Vol. 42, No. 3. P. 337 - 361.
5. Brands T., Dixit M., van Oort N., Yap M. Perceived and actual travel times in a multi-modal urban public transport network: comparing survey and AVL data. Public Transport. 2022. Vol. 14, No. 1. P. 85 - 103.
6. Argenzio B., D'Orazio L., Guida C. The use of automatic vehicle location (AVL) data for improving public transport service regularity. International Conference on Advanced Information Networking and Applications. Cham : Springer International Publishing, 2021. P. 667 - 676.
7. Mulangi R. H., Kulkarni V. Visualization and assessment of the effect of roadworks on traffic congestion using AVL data of public transit. Journal of Geovisualization and Spatial Analysis. 2022. Vol. 6, No. 2. Article 28.
8. Grotto A., Biazio L., Rossi R. Formalizing sustainable urban mobility management: An innovative approach with digital twin and integrated modeling. Logistics. 2024. Vol. 8, No. 4. Article 117.
9. MATSim / official website. URL: [MATSim Examples](https://matsim.org/en/examples) (дата звернення: 10.05.2026).
10. Sippel I., Magdin K. Improving the sustainability and safety of the city transport system through the application of computer modeling. Digital and

Information Technologies in Economics and Management.: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Cham Springer Nature Switzerland, 2023. P. 37 - 48.

11. Lee K. S., Eom J. K., Moon D. Applications of TRANSIMS in transportation: A literature review. *Procedia Computer Science*. 2014. Vol. 32. P. 769 - 773.

12. Zuidgeest M. H. P., Brussel M. J. G., Van Maarseveen M. F. A. M. GIS for sustainable urban transport. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2015. Vol. 4, No. 4. P. 2583 - 2585.

13. Loidl M., Wallentin G., Cyganski R., Graser A. GIS and transport modeling - Strengthening the spatial perspective. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2016. Vol. 5, No. 6. Article 84.

14. Camacho T., Foth M., Rakotonirainy A., Rittenbruch M. The role of passenger-centric innovation in the future of public transport. *Public Transport*. 2016. Vol. 8, No. 3. P. 453 - 475.

15. Rakotonirainy A. Passenger-centric innovation in public transport systems. *Public Transport*. 2016. Vol. 8. P. 1 - 4.

16. Офіційний сайт Харківської міської ради, міського голови, виконавчого комітету. – Режим доступу: <https://city.kharkiv.ua/about/districts/industrialnii>

17. Швесь В. В., Кашканов В. А., Галіброда В. В. (2016). Порівняння екстрополяційних методів формування матриць кореспонденції. *Вісник машинобудування та транспорту*, 4(2), 109-114.

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Матриця функції опору сполученню між районами $f(l_{ij}) = e^{-\beta l_{ij}}$

	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	0.00	0.7	0.7	0.94	0.92	0.82	0.90	0.88	0.81	0.82	0.99	0.81	0.84	0.80	0.82	0.97	0.83	0.73	0.78	0.99	0.96	0.95	0.83	0.80	0.93	0.92	0.83	0.80	0.77	
2	0.07	0	0	0.97	0.91	0.77	0.86	0.86	0.87	0.85	0.82	0.94	0.9	0.87	0.79	0.89	0.74	0.83	0.73	0.82	0.75	0.77	0.73	0.90	0.79	0.87	0.90	0.8	0.83	0.73
3	0.05	0.4	0	0.97	0.99	0.81	0.89	0.89	0.88	0.84	0.82	0.97	0.83	0.84	0.82	0.89	0.72	0.87	0.79	0.79	0.98	0.98	0.95	0.85	0.82	0.92	0.92	0.88	0.79	
4	0.96	0.1	0.7	0.00	0.00	0.76	0.73	0.82	0.99	0.88	0.87	0.97	0.93	0.91	0.79	0.89	0.79	0.81	0.85	0.81	0.72	0.85	0.79	0.98	0.87	0.90	0.92	0.84	0.76	
5	0.91	0.3	0.2	0.97	0.90	0.73	0.77	0.80	0.87	0.82	0.77	0.97	0.87	0.86	0.74	0.87	0.68	0.78	0.82	0.77	0.74	0.71	0.70	0.86	0.77	0.87	0.81	0.83	0.77	0.71
6	0.86	0.2	0.2	0.99	0.97	0.7	0.78	0.94	0.88	0.89	0.89	0.97	0.97	0.87	0.87	0.89	0.89	0.89	0.83	0.87	0.82	0.81	0.97	0.97	0.91	0.87	0.87	0.87	0.88	0.78
7	0.87	0.6	0.0	0.92	0.97	0.81	0.79	0.73	0.9	0.87	0.73	0.80	0.92	0.92	0.77	0.77	0.83	0.84	0.83	0.83	0.83	0.83	0.85	0.81	0.78	0.78	0.79	0.78	0.75	0.67
8	0.90	0.6	0.7	0.83	0.89	0.74	0.72	0.90	0.77	0.75	0.69	0.80	0.77	0.74	0.71	0.73	0.69	0.61	0.79	0.79	0.77	0.74	0.87	0.75	0.89	0.92	0.77	0.77	0.77	0.62
9	0.93	0.6	0.0	0.88	0.97	0.74	0.77	0.82	0.9	0.89	0.87	0.90	0.89	0.88	0.87	0.87	0.89	0.82	0.84	0.89	0.86	0.84	0.97	0.86	0.92	0.87	0.89	0.77	0.77	0.72
10	0.84	0.3	0.0	0.99	0.93	0.77	0.76	0.72	0.86	0.72	0.67	0.90	0.87	0.87	0.85	0.79	0.87	0.67	0.81	0.89	0.83	0.80	0.82	0.75	0.87	0.87	0.83	0.75	0.67	
11	0.84	0.7	0.2	0.81	0.88	0.70	0.78	0.90	0.73	0.72	0.69	0.83	0.8	0.77	0.87	0.79	0.67	0.67	0.81	0.86	0.82	0.81	0.98	0.86	0.80	0.77	0.91	0.89	0.86	0.66
12	0.85	0.2	0.2	0.82	0.88	0.69	0.70	0.74	0.9	0.84	0.82	0.90	0.90	0.93	0.80	0.82	0.62	0.83	0.89	0.86	0.90	0.91	0.92	0.88	0.87	0.87	0.88	0.72	0.81	0.77
13	0.88	0.7	0.7	0.95	0.99	0.79	0.77	0.77	0.93	0.89	0.80	0.96	0.91	0.97	0.73	0.83	0.64	0.88	0.89	0.87	0.82	0.89	0.81	0.81	0.78	0.87	0.88	0.78	0.77	0.67
14	0.77	0.7	0.7	0.88	0.94	0.77	0.76	0.73	0.9	0.85	0.87	0.93	0.93	0.90	0.89	0.88	0.87	0.87	0.89	0.89	0.86	0.85	0.97	0.78	0.81	0.80	0.77	0.72	0.78	0.68
15	0.81	0.5	0.2	0.89	0.97	0.71	0.68	0.69	0.72	0.72	0.68	0.81	0.73	0.70	0.80	0.69	0.69	0.66	0.71	0.79	0.76	0.82	0.78	0.88	0.87	0.74	0.77	0.83	0.71	0.67
16	0.78	0.5	0.1	0.83	0.91	0.69	0.68	0.68	0.73	0.68	0.62	0.76	0.67	0.68	0.69	0.69	0.67	0.64	0.83	0.88	0.83	0.84	0.96	0.79	0.79	0.80	0.72	0.71	0.74	0.66
17	0.72	0.5	0.0	0.67	0.64	0.68	0.67	0.66	0.62	0.69	0.60	0.67	0.62	0.61	0.68	0.69	0.66	0.63	0.85	0.87	0.82	0.83	0.97	0.81	0.72	0.77	0.79	0.61	0.66	0.60
18	0.67	0.1	0.0	0.74	0.85	0.61	0.62	0.67	0.83	0.81	0.69	0.82	0.91	0.87	0.62	0.74	0.61	0.69	0.85	0.87	0.83	0.86	0.97	0.81	0.72	0.79	0.67	0.67	0.68	0.69
19	0.75	0.2	0.0	0.89	0.94	0.67	0.7	0.69	0.8	0.89	0.77	0.96	0.93	0.89	0.89	0.84	0.83	0.83	0.87	0.92	0.92	0.96	0.81	0.83	0.82	0.79	0.73	0.71	0.72	0.62
20	0.74	0.7	0.3	0.73	0.84	0.57	0.56	0.62	0.82	0.83	0.80	0.96	0.92	0.89	0.79	0.88	0.79	0.78	0.86	0	0.97	0.93	0.75	0.81	0.80	0.79	0.77	0.78	0.84	0.79
21	0.68	0.3	0.0	0.72	0.85	0.69	0.67	0.62	0.78	0.80	0.69	0.97	0.83	0.86	0.76	0.89	0.69	0.68	0.73	0.82	0.90	0.92	0.81	0.83	0.82	0.82	0.62	0.82	0.77	0.67
22	0.89	0.7	0.5	0.76	0.89	0.68	0.68	0.69	0.77	0.79	0.67	0.95	0.89	0.85	0.88	0.84	0.87	0.81	0.89	0.89	0.89	0.92	0.97	0.89	0.89	0.78	0.88	0.88	0.88	0.80
23	0.77	0.5	0.0	0.79	0.67	0.69	0.74	0.67	0.85	0.82	0.67	0.77	0.66	0.67	0.63	0.66	0.69	0.78	0.79	0.73	0.73	0.99	0.84	0.87	0.88	0.67	0.71	0.87	0.83	0.83
24	0.99	0.6	0.0	0.92	0.83	0.79	0.8	0.84	0.83	0.80	0.82	0.99	0.97	0.97	0.89	0.89	0.89	0.91	0.82	0.82	0.97	0.99	0.81	0.87	0.88	0.90	0.99	0.94	0.80	0.80
25	0.64	0.1	0.0	0.82	0.78	0.63	0.77	0.72	0.79	0.75	0.64	0.87	0.83	0.8	0.87	0.79	0.57	0.79	0.87	0.87	0.89	0.83	0.95	0.81	0.82	0.82	0.79	0.93	0.84	0.84
26	0.97	0.6	0.2	0.84	0.89	0.69	0.75	0.88	0.8	0.77	0.82	0.98	0.97	0.93	0.75	0.77	0.74	0.73	0.63	0.79	0.89	0.89	0.98	0.89	0.90	0.96	0.97	0.83	0.77	0.77
27	0.91	0.3	0.8	0.89	0.83	0.89	0.77	0.89	0.88	0.72	0.80	0.94	0.88	0.78	0.88	0.84	0.87	0.81	0.79	0.89	0.87	0.86	0.98	0.82	0.89	0.90	0.98	0.73	0.88	0.88
28	0.93	0.6	0.7	0.89	0.89	0.79	0.72	0.77	0.83	0.79	0.87	0.83	0.8	0.77	0.80	0.79	0.75	0.67	0.77	0.87	0.86	0.73	0.96	0.89	0.87	0.99	0.91	0.86	0.83	0.83
29	0.89	0.2	0.8	0.83	0.89	0.73	0.78	0.79	0.73	0.8	0.84	0.78	0.75	0.77	0.87	0.81	0.82	0.65	0.79	0.88	0.89	0.83	0.97	0.89	0.87	0.71	0.99	0.89	0.92	0.87
30	0.78	0.8	0.0	0.79	0.73	0.88	0.70	0.62	0.77	0.89	0.89	0.73	0.77	0.88	0.88	0.87	0.87	0.61	0.89	0.82	0.87	0.88	0.99	0.87	0.87	0.66	0.81	0.89	0.80	0.80

Таблиця А.2 Матриця кореспонденцій на першій ітерації

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	581	373	32	12	578	47	1007	134	401	150	37	191	94	180	2543	112	15	36	38	0	27	47	72	29	21	100	14	81	98
2	1399	0	102	0	5	154	15	27	48	115	41	11	29	27	80	767	3	5	11	12	1	8	13	20	3	6	27	4	22	27
3	330	37	0	2	1	34	3	6	9	27	10	2	7	6	12	173	1	1	2	3	1	2	4	5	2	1	6	1	0	7
4	20	2	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	6	0	12	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	30	4	2	0	0	3	0	1	1	3	1	0	1	1	1	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
6	3724	418	159	24	8	0	32	79	98	597	98	27	83	68	13	1910	112	11	28	29	14	20	42	52	21	17	81	10	55	61
7	30	3	2	0	0	3	0	1	1	3	1	0	1	1	1	20	0	0	0	0	1	0	3	0	6	0	1	0	0	1
8	554	62	38	3	1	81	5	0	15	43	15	4	11	10	19	283	2	2	4	4	2	3	5	8	3	3	12	1	8	10
9	69	8	5	0	0	7	1	1	6	2	1	1	1	1	2	40	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
10	242	31	18	2	1	27	3	5	8	0	7	2	6	6	9	164	1	1	2	2	1	2	2	4	1	1	5	1	4	5
11	413	46	43	3	1	41	1	1	11	34	0	3	9	8	36	232	1	1	4	4	2	3	3	9	3	2	7	1	9	12
12	79	10	6	1	0	9	2	3	8	3	0	2	2	3	54	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	2	0	1	2	2
13	236	28	18	2	1	26	3	1	8	23	8	2	0	6	9	160	1	1	2	2	1	2	2	3	2	1	4	1	4	5
14	141	18	14	1	0	47	2	3	5	6	5	1	4	0	6	143	0	1	2	2	1	1	2	1	1	3	0	3	3	3
15	315	35	24	2	1	35	3	0	9	26	13	2	6	6	0	169	1	1	3	3	2	2	5	5	2	1	6	1	7	9
16	1627	200	140	12	5	191	21	33	57	485	59	16	45	45	64	0	4	8	19	18	14	12	12	24	11	7	4	29	34	
17	31	3	2	0	0	5	0	1	1	2	1	0	1	1	1	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
18	29	4	2	0	0	4	0	1	1	3	1	0	1	1	1	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
19	83	11	6	1	0	42	1	2	3	9	5	1	2	2	3	65	0	0	0	1	1	1	1	1	0	5	0	1	2	2
20	102	13	8	1	0	11	1	2	3	11	4	1	3	3	5	76	0	0	1	0	1	1	1	2	1	1	2	0	2	3
21	34	4	3	0	0	4	0	1	1	4	1	0	1	1	2	26	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1
22	69	8	5	0	0	7	1	1	2	3	3	1	2	2	3	45	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	2	2
23	139	14	11	1	0	15	1	3	4	11	6	1	3	3	8	74	0	0	1	1	1	1	0	2	1	1	2	0	3	4
24	195	22	13	1	0	22	2	4	5	16	7	1	4	3	8	28	0	1	2	1	1	2	0	1	1	1	1	4	4	4
25	83	9	7	1	0	9	1	2	2	7	3	1	2	2	4	49	0	0	1	0	1	1	1	0	0	2	0	2	2	2
26	30	3	2	0	0	4	0	1	1	2	1	0	1	1	1	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
27	202	23	14	1	0	25	2	4	5	26	5	1	4	4	1	104	1	1	2	1	1	2	3	1	1	4	1	3	4	4
28	38	4	3	0	0	4	0	1	1	3	1	0	1	1	1	19	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1
29	180	20	12	1	0	18	2	3	5	5	7	1	4	3	9	36	0	1	2	1	1	2	3	1	1	0	1	0	5	5
30	290	33	22	2	1	29	3	5	8	24	13	2	6	6	14	155	1	1	2	3	2	2	5	2	1	5	1	6	0	0

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА
 ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА
 ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Таблиця А.3- Матриця кореспонденції на другій ітерації

	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	619	197	34	12	604	50	105	142	422	188	39	106	199	189	2776	17	46	18	40	26	19	50	76	90	22	105	15	86	104
2	1382	0	98	9	3	147	13	26	37	11	19	10	38	26	19	737	3	5	11	12	6	7	12	19	8	6	26	4	22	26
3	328	36	0	2	1	34	3	6	9	26	10	2	6	6	12	186	1	1	2	2	2	3	5	2	1	6	1	5	6	
4	20	2	2	0	0	2	0	0	1	2	1	0	0	0	1	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	30	4	2	0	0	3	0	1	1	3	1	0	1	1	1	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
6	3717	109	249	22	8	0	32	92	96	287	96	26	71	67	129	1860	11	11	28	29	14	20	31	51	21	17	80	9	54	63
7	30	3	2	0	0	3	0	1	1	1	1	0	1	1	1	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
8	549	60	36	3	1	78	5	0	14	42	14	4	10	10	19	273	2	2	4	4	2	3	5	8	3	2	12	1	8	9
9	69	8	5	0	0	7	1	1	6	7	2	1	1	1	2	39	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	
10	241	30	18	2	1	26	3	4	8	0	7	2	6	6	9	159	1	1	2	2	1	2	2	3	1	1	5	1	4	5
11	413	45	3	1	0	39	4	2	11	33	10	1	9	8	10	226	1	1	4	4	3	3	5	7	3	2	7	1	9	12
12	80	9	6	1	0	8	1	1	3	8	3	0	7	2	4	51	0	0	1	1	0	1	1	1	1	6	1	0	1	2
13	246	28	17	2	1	25	3	4	8	24	7	2	0	6	8	150	1	1	2	2	2	2	3	2	1	4	1	4	4	
14	142	18	11	1	0	46	12	3	5	16	5	1	4	0	3	107	0	0	2	2	1	1	2	1	1	3	0	2	3	
15	315	34	23	2	1	34	3	6	8	25	12	2	6	6	0	164	1	1	3	3	2	2	4	5	2	1	6	1	7	8
16	1627	203	127	12	7	185	21	32	53	181	55	15	44	44	62	0	1	8	18	10	12	16	24	11	7	80	4	28	33	
17	31	3	2	0	0	5	0	1	1	2	1	0	1	1	1	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
18	29	4	2	0	0	3	0	1	1	3	1	0	1	1	1	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	
19	84	10	6	1	0	9	1	2	3	9	3	1	2	2	3	63	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	2	0	1	2
20	103	13	7	0	1	11	1	2	3	11	4	1	3	3	3	24	0	0	1	0	1	2	0	1	0	2	0	2	3	
21	34	4	3	0	0	4	0	1	1	4	1	0	1	1	2	26	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1
22	70	8	5	0	0	7	1	1	6	7	2	1	1	2	3	41	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	2
23	139	13	10	1	0	14	1	2	4	11	5	1	3	3	7	72	0	0	1	1	1	1	0	2	1	1	2	0	3	4
24	195	21	15	0	0	20	2	4	5	16	8	1	4	3	8	95	0	1	2	2	1	2	0	1	1	4	1	4	4	
25	84	9	6	1	0	6	1	2	2	7	3	1	2	2	4	48	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	2	0	2	2
26	30	3	2	0	0	4	0	1	1	2	1	0	1	1	1	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА
 ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА
 ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА