

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(назва факультету)

Автомобілів

(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

бакалавр
(освітній рівень)

на тему: Удосконалення системи громадського транспорту м. Тернополя

Виконав: студент 4 курсу, групи МНМ-61
спеціальності 275 «Транспортні технології»
(шифр і назва спеціальності)

Студент _____ Гілінський Р.В.
 Студент _____ Драпалюк М.П.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Дзюра В.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____ Сіправська М.Д.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент _____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

Зав. каф. _____ ЦЬОНЬ О.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2024

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра Автомобілів

Освітній рівень Бакалавр

Напрямок підготовки _____

(шифр і назва)

Спеціальність 275.03 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри О.П. Цьонь

«29» січня 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Гілінському Руслану Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення системи громадського транспорту м. Тернополя

керівник проекту (роботи) Дзюра Володимир Олексійович, д.т.н., проф.

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

затверджені наказом по університету від «29» січня 2024 року № 4/7-72

2. Термін подання студентом проекту (роботи) 25 червня 2024 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____

Транспортна мережа міста Тернополя; Обсяг утворення і обсяг поглинання пасажиропотоків

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1.1.Опис системи міського громадського транспорту; 1.2.Екологічні аспекти використання

різних видів транспорту; 2.1 Основні принципи розбудови системи міського пасажирського

транспорту; 2.2.Огляд та дослідження міської транспортної системи Тернополя;

2.3.Встановлення маршрутів на мережі вулиць і доріг; 2.4.Розрахунок мінімальної транспортної

роботи; 2.5.Створення епюри пасажиропотоку у транспортній системі;

3.1 Аналіз причин виникнення пожеж на автомобільному транспорті

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

Слайди графічного матеріалу – 10 шт.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>Окіпний І.Б., к.т.н., доц., зав. каф.</i>		

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
	<i>1.1.Опис системи міського громадського транспорту;</i>	<i>15.02.2024</i>	
	<i>1.2.Екологічні аспекти використання різних видів транспорту;</i>	<i>22.02.2024</i>	
	<i>2.1 Основні принципи розбудови системи міського пасажирського транспорту;</i>	<i>05.03.2024</i>	
	<i>2.2.Огляд та дослідження міської транспортної системи Тернополя;</i>	<i>15.03.2024</i>	
	<i>2.3.Встановлення маршрутів на мережі вулиць і доріг;</i>	<i>25.03.2024</i>	
	<i>2.4.Розрахунок мінімальної транспортної роботи;</i>	<i>03.04.2024</i>	
	<i>2.5.Створення епюри пасажиропотоку у транспортній системі;</i>	<i>13.04.2024</i>	
	<i>3.1 Аналіз причин виникнення пожеж на автомобільному транспорті</i>	<i>22.04.2024</i>	

Студент _____
(підпис)

Гілінський Р.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

Дзюра В.О.

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет *інженерії машин, споруд та технологій*

Кафедра *Автомобілів*

Освітній рівень *бакалавр*

Напрямок підготовки _____

(шифр і назва)

Спеціальність *275.03 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)*

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри *О.П. Цьонь*

«29» *січня* 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Драпалюку Максиму Павловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Удосконалення системи громадського транспорту м. Тернополя*

керівник проекту (роботи) *Дзюра Володимир Олексійович, д.т.н., проф.*

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

затверджені наказом по університету від «29» січня 2024 року № 4/7-72

2. Термін подання студентом проекту (роботи) *25 червня 2024 р.*

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____

Транспортна мережа міста Тернополя; Обсяг утворення і обсяг поглинання пасажиропотоків

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1.3. Виклики та можливості розвитку громадського пасажирського транспорту; 1.4. Висновки

та поставника завдань до кваліфікаційної роботи; 2.6 Створення мережі міських маршрутів

2.7 Створення діаграм пасажиропотоків для розроблених маршрутів та визначення показників

їх ефективності; 2.8. Підбір транспортних засобів для перевезення пасажирів

2.9. Визначення ключових техніко-експлуатаційних показників для автобусів; 2.10 Розрахунок

режимів роботи автобусів на маршруті; 2.11. Розробка графіку руху автобусів; 3.2 Безпека

життєдіяльності на транспорті

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

Слайди графічного матеріалу – 10 шт.

[illegible][illegible]

Дзюра В.О.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	8
ВСТУП	9
1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ	
1.1. Опис системи міського громадського транспорту	10
1.2. Екологічні аспекти використання різних видів транспорту	14
1.3. Виклики та можливості розвитку громадського пасажирського транспорту	19
1.4. Висновки та поставника завдань до кваліфікаційної роботи	25
2. ЗАХОДИ ІЗ УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ	
2.1 Основні принципи розбудови системи міського пасажирського транспорту	26
2.2. Огляд та дослідження міської транспортної системи Тернополя	41
2.3. Встановлення маршрутів на мережі вулиць і доріг	45
2.4. Розрахунок мінімальної транспортної роботи	53
2.5. Створення епюри пасажиропотоку у транспортній системі	54
2.6 Створення мережі міських маршрутів	58
2.7 Створення діаграм пасажиропотоків для розроблених маршрутів та визначення показників їх ефективності	65
2.8. Підбір транспортних засобів для перевезення пасажирів	87
2.9. Визначення ключових техніко-експлуатаційних показників для автобусів	95
2.10 Розрахунок режимів роботи автобусів на маршруті	102
2.11. Розробка графіку руху автобусів	114

3	БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	
3.1	Аналіз причин виникнення пожеж на автомобільному транспорті	126
3.2	Безпека життєдіяльності на транспорті	129
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ЩОДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	131
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	132

РЕФЕРАТ

до кваліфікаційної роботи бакалавра на тему: «Удосконалення системи громадського транспорту м. Тернополя»

Кваліфікаційна робота спрямована на вдосконалення системи громадського транспорту у місті Тернопіль. Вона включає в себе оцінку потреби в транспортному рухомому складі та аналіз його техніко-економічних показників для ефективної експлуатації маршрутів.

У першому розділі досліджується характеристика громадського транспорту в містах, розглядаються екологічні аспекти його використання, а також розглядаються проблеми та перспективи розвитку цього виду транспорту, які визначають завдання для дипломного проектування.

У другому розділі встановлюються загальні принципи розвитку міського пасажирського транспорту, а потім проводиться аналіз транспортної мережі Тернополя, включаючи визначення ключових транспортних зон і обсягу роботи необхідного для обслуговування мережі. В цьому ж розділі формується маршрутна мережа і проводиться аналіз потоків пасажирів на цих маршрутах. Після цього обирається рухомий склад, розраховуються його техніко-економічні показники і складається графік руху автобусів.

У розділі безпека життєдіяльності, основи охорони праці аналізуються причини пожеж на автомобільному транспорті і розглядаються заходи з безпеки пасажирів.

ВСТУП

Транспорт відіграє ключову роль у функціонуванні економіки кожної країни, єднуючи різні сектори економіки та підтримуючи життєдіяльність нації. Серед транспортних галузей, пасажирський транспорт є основоположним для обслуговування потреб суспільства. Зокрема, у міських умовах автомобільний транспорт став основним засобом перевезень завдяки своїй маневреності та великій провізній спроможності. Цей вид транспорту вимагає відносно низьких капітальних вкладень та мінімальних підготовчих робіт для організації перевезень.

Однак, існує низка проблем у цій сфері. До них належать тривалі часи поїздок для пасажирів, зниження технічного стану та комфорту перевезень через застарілий рухомий склад, незадовільний стан транспортної інфраструктури, а також перевантаженість дорожньої мережі та маршрутів. Крім того, на багатьох маршрутах не враховується різниця у пасажиропотоках, використовуючи транспортні засоби однакової місткості незалежно від потреб маршруту.

Для вирішення цих проблем потрібно покращити ефективність функціонування міської транспортної мережі. Це можна зробити, оптимізувавши кількість транспортних засобів на маршрутах та використовуючи автобуси з відповідною пасажиромісткістю в залежності від попиту на конкретному маршруті. Також важливим є оновлення рухомого складу та покращення стану транспортної інфраструктури для забезпечення комфортних та ефективних перевезень.

1 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Опис системи міського громадського транспорту

З розвитком міст, одним із ключових явищ стає збільшення потоку пересувань у міському просторі. Для адаптації до цієї динаміки, міські агломерації розширюють та модернізують транспортну інфраструктуру та форми переміщення. У високорозвинених країнах виділяють чотири типи міської просторової організації, заснованої на автотранспорті: повністю автомобілізовану мережу, де переважає особистий транспорт; міста з недорозвиненим центром, де основні функції переміщені до периферії; міста з добре розвиненим центром, який підтримується ефективною системою громадського транспорту; та міста з обмеженим автотрафіком, особливо у центральних районах і під час пікових годин.

Міський транспорт об'єднує три головні види перевезень: громадські, індивідуальні та вантажні. Пасажи́рські перевезення залежать від особистих виборів мешканців, тоді як вантажні перевезення є результатом взаємодії між власниками вантажів та транспортними компаніями. Часто ці два види транспорту взаємодоповнюють одне одного, але інколи вони можуть вступати у конкуренцію за транспортні ресурси.

Окрім того, сучасна урбанізація та збільшення транспортного потоку вимагають інноваційних рішень. Це може включати впровадження інтелектуальних транспортних систем, розвиток електромобільності та зелених зон, що обмежують автотрафік, а також стимулювання використання велосипедного та пішохідного транспорту. Такий підхід може зменшити навантаження на міські дороги та сприяти сталому розвитку міського середовища.

Основною метою громадського транспорту є забезпечення доступності та зручності пересування для населення у межах міських територій. Це досягається завдяки масовим перевезенням пасажирів, які сприяють економії за

рахунок обсягів діяльності. Для цих цілей використовуються різноманітні види транспорту: автобуси, тролейбуси, трамваї, метро, електрички та пороми.

З іншого боку, індивідуальний транспорт пропонує альтернативні, більш персоналізовані варіанти пересування, такі як особисті автомобілі, ходьба, велосипеди та мотоцикли. Ці засоби пересування забезпечують гнучкість та автономію у виборі маршрутів і часу поїздок.

Міські центри, як основні місця виробництва і споживання, також стикаються з необхідністю організації вантажних перевезень. Ці перевезення здійснюються переважно автофургонами, які переміщують товари між виробничими підприємствами, дистриб'юторськими центрами, складами та роздрібними точками.

Однак, сучасні міста зіштовхуються з викликами, пов'язаними з перенасиченістю транспортних систем, забрудненням повітря та зміною клімату. Тому зростає потреба в інтегрованих транспортних рішеннях, що охоплюють розвиток електромобільності, покращення умов для велосипедного та пішохідного руху, а також створення «зелених» транспортних коридорів. Ці заходи мають на меті знизити викиди вуглекислого газу, покращити якість повітря та забезпечити сталий розвиток міських територій.

З розвитком урбанізації в багатьох країнах свідчимо про зростання числа пасажирів і вантажів, що переміщуються в межах міст. Незважаючи на те, що відстані перевезень стають довгими, середній час подорожей залишається приблизно незмінним - від однієї до однієї з половиною години на день. Це свідчить про перехід споживачів до швидших видів транспорту, що дозволяє подолати ті ж відстані за менший час. У світі спостерігається розвиток та впровадження новітніх технологій транспортних засобів і інфраструктури, що сприяло створенню різноманітних міських транспортних систем. Історія розвитку міст у розвинених країнах демонструє перехід від ходьби та гужового транспорту до електротранспорту та автомобілів.

У науковій літературі мобільність також розглядається через призму

соціальної справедливості. Використання автомобілів для міських поїздок залежить від ряду факторів, включаючи міську структуру, соціальний статус, рівень доходів, якість послуг громадського транспорту та наявність паркування. Крім того, мобільність значно відрізняється залежно від віку, доходу, статі та стану здоров'я людей.

Сьогодні перед містами стоїть виклик забезпечення рівного доступу до транспортних послуг для всіх верств населення. Це включає розробку інклюзивних транспортних систем, які враховують потреби людей з обмеженими можливостями, літніх осіб та інших соціально вразливих груп. Також важливо стимулювати розвиток екологічно чистих та ефективних видів транспорту, знижуючи залежність від особистих автомобілів і зменшуючи транспортні затори та забруднення навколишнього середовища.

Громадський транспорт, включаючи автобуси, тролейбуси, трамваї, метро, і монорейки, разом з міською транспортною інфраструктурою, відіграє ключову роль у розвитку сучасних міських середовищ. Він не тільки покращує якість життя мешканців міста, забезпечуючи безпеку, ефективність і доступність перевезень, але й сприяє реалізації особистих та суспільних інтересів, розширюючи можливості пересування.

Міські транспортні системи служать як центри координації для мешканців, сприяючи економічній та соціальній ефективності міського життя. Вони допомагають формувати міцні районні центри, які є економічно стійкими, безпечними та продуктивними. Користування громадським транспортом також зміцнює соціальні зв'язки, оскільки пасажери вступають у більш тісний контакт один з одним, і сприяє зменшенню залежності від особистих автомобілів, підвищуючи рівень фізичної активності.

У контексті сталого розвитку, громадський транспорт відіграє важливу роль у зменшенні заторів, забруднення повітря та викидів парникових газів. Впровадження інноваційних транспортних рішень, таких як електробуси і легкісні рельсові системи, може ще більше покращити екологічність та ефективність міського транспорту. Також важливою є інтеграція громадського

транспорту з іншими видами пересування, наприклад, з велосипедними шляхами та пішохідними зонами, щоб створити більш зв'язану та доступну міську мобільність для всіх громадян.

Громадський транспорт сприяє значній економії в суспільних витратах, охоплюючи як постійні, так і одноразові витрати. Оцінки показують, що кожна інвестована гривня у громадський транспорт може приносити приблизно шестикратний економічний ефект, тоді як інвестиції у 10 мільйонів гривень можуть забезпечити щорічний дохід у 30 мільйонів гривень. Крім того, нерухомість, яка має доступ до громадського транспорту, зазвичай оцінюється вище, ніж та, що не має такого доступу.

Міський пасажирський транспорт стимулює економічне зростання на державному та місцевому рівнях. Він збільшує клієнтську базу для багатьох бізнесів, включаючи роздрібну торгівлю, заклади громадського харчування, медичні установи, освітні заклади та побутові послуги. Окрім того, громадський транспорт оживляє житлові райони, підвищуючи соціальну взаємодію та пішохідну активність, забезпечуючи безпеку та створюючи комфортні умови проживання.

Прогнозується, що до 2025 року 20% населення у розвинених містах буде становити особи віком 65 років і старше. Багато з цих людей можуть виявитися нездатними керувати особистими автомобілями, що створює додаткову потребу в громадському транспорті.

Враховуючи ці фактори, важливо розглядати громадський транспорт не тільки як засіб пересування, але й як ключовий елемент у створенні стійких, інклюзивних та доступних міських середовищ. Інтеграція сучасних технологій, таких як інтелектуальні транспортні системи, може додатково підвищити ефективність і комфорт громадського транспорту, роблячи міста більш привабливими для життя і праці для всіх категорій населення.

1.2 Екологічні аспекти використання різних видів транспорту

Негативні впливи, які розвиток транспорту має на довкілля, можна аналізувати з різних точок зору:

1. Захист працівників транспортної галузі. Це включає в себе водіїв, кондукторів тощо. Їх робота часто пов'язана з ризиком професійних захворювань, зокрема, через підвищення шкідливості умов праці.

2. Екологічна безпека учасників дорожнього руху: Цей аспект включає ризику смерті, каліцтва, отруєння внаслідок ДТП, а також психологічний стрес та гіподинамію (низьку фізичну активність) серед учасників дорожнього руху.

3. Екологічна безпека невикористовуючих транспорт груп населення і об'єктів: Це стосується впливу транспорту на використання ресурсів (енергія, матеріали, земля, вода, повітря) та негативного впливу на здоров'я людей і живих організмів, які не є прямими користувачами транспорту.

Основні негативні впливи міського пасажирського транспорту (ГПОТ) включають:

- Зайнятість території, проявляється у тому, що великі площі під транспортну інфраструктуру зменшують доступні земельні ресурси для інших цілей.
- Забруднення атмосферного повітря проявляється в тому, що викиди від транспортних засобів сприяють забрудненню повітря.
- Шумове забруднення проявляється в тому, що шум від транспортних засобів може негативно впливати на здоров'я і комфорт людей.
- Вібрація проявляється в тому, що вібрації від руху транспортних засобів можуть завдавати шкоди будівлям та навколишньому середовищу.
- Електромагнітне випромінювання проявляється в тому, що існує ризик опромінення електромагнітними полями особливо у водії електротранспорту та електромобілів.

Розглянемо детальніше про кожен з цих аспектів.

Зайнятість території. Транспортна інфраструктура часто вимагає значних

земельних ресурсів, що може вести до зменшення зелених зон, сільськогосподарських угідь або інших природних територій. Це, у свою чергу, може вплинути на біорізноманіття та екосистеми.

Для мінімізації цих негативних впливів необхідно розвивати більш стійкі форми транспорту, такі як електромобілі, покращувати планування міської інфраструктури та впроваджувати заходи щодо зменшення шуму та вібрацій. Крім того, важливим є підвищення ефективності використання існуючої інфраструктури та розробка екологічно орієнтованих транспортних рішень.

Однією з серйозних екологічних проблем є використання значних земельних площ під транспортну інфраструктуру та рухомий склад. Після демонтажу таких споруд, відновлення родючості ґрунту може займати до 30 років. Транспортні системи можуть займати значну частину міської території: загально до 7%, в містах - до 30%, а в центральних районах - до 70%.

Ефективним рішенням цієї проблеми може бути використання підземного або надземного простору для розміщення транспортних споруд. Це допоможе зменшити зайнятість земельних ресурсів, дозволить більш раціонально використовувати міський простір і зберегти природні території.

Забруднення атмосфери є іншою важливою проблемою. За даними різних джерел, автомобільний транспорт відповідає за 56,8 до 91,4% забруднень атмосферного повітря. Автомобілі споживають велику кількість кисню та викидають еквівалентну кількість діоксиду вуглецю, сприяючи парниковому ефекту. Вихлопні гази містять близько 200 шкідливих речовин, включаючи оксиди вуглецю, вуглеводні, оксиди азоту, сажу, свинець та діоксид сірки. Ці речовини можуть негативно впливати на кровоносну, нервову, сечостатеву системи, знижувати розумові здібності у дітей та збільшувати сприйнятливість до вірусних захворювань.

Транспортні затори лише посилюють цю проблему, збільшуючи викиди токсичних компонентів. Отже, існує потреба у розробці екологічно чистих транспортних рішень, таких як електромобілі, гібридні та водневі транспортні засоби, а також стимулюванні використання громадського транспорту,

велосипедів та пішохідного руху для зменшення забруднення повітря і заторів на дорогах.

Дослідження у Сполучених Штатах виявили, що значне покращення якості повітря могло б привести до зниження медичних витрат на суму понад 2 мільярди доларів. Якщо зменшити час, протягом якого автомобілі стоять на червоне світло світлофорів на одну третину, це може сприяти зниженню забруднення від вихлопних газів. Використання дорогих каталітичних нейтралізаторів зменшує обсяг шкідливих викидів на 70%. Такі інновації, як удосконалені системи допалювання, добавки до палива, електронні системи запалювання, заміна бензину на газ, спирти, нафтове вуглеводневе паливо та, особливо, перехід на електроенергію та водень, розглядаються як ефективні способи зменшення шкідливості вихлопних газів. Синтетичне паливо без нафтових компонентів робить вихлоп чистішим на 40%.

Шум - це небажані звукові коливання, які можуть непередбачувано змінюватися в часі. Шумові коливання - це акустичні коливання, що лежать у діапазоні частот від 20 Гц до 20000 Гц і характеризуються частотою (інтенсивністю) та звуковим тиском. Шум може мати подразнювальний ефект, викликати зниження концентрації уваги та впливати на якість прийнятих рішень.

Рівень шуму від експлуатованих автобусів, як правило, коливається в межах 85-90 дБА, від тролейбусів - близько 76 дБА, а шум від трамваїв та вантажного транспорту знаходиться у діапазоні 80-90 дБА. Рівень шуму біля метро може досягати 80-85 дБА на відстані 7 метрів від колії.

Шум стає важливим соціальним питанням, оскільки він може призводити до нервових розладів, шлункових захворювань, втрати слуху та інших недуг. Тому важливо розробляти стратегії для зменшення шумового забруднення, які можуть включати звукоізолюючі матеріали в транспорті, використання тихіших видів транспортних засобів, планування міста, яке знижує вплив транспортного шуму на житлові райони, та розвиток зелених зон для абсорбції звукових хвиль.

Згідно з міжнародними дослідженнями, транспорт спричиняє приблизно

45% усього шуму в міських умовах. Інтенсивність шуму від транспорту зростає швидше, ніж швидкість руху.

На автомагістралі шум може досягати 87 дБ, на основних міських шляхах з постійним рухом - 85 дБ, на магістральних дорогах з інтенсивним вантажним рухом - 84 дБ, а в умовах інтенсивного трафіку (до 100 тис. транспортних засобів на добу) рівень шуму може сягати 90-95 дБ. Рівень шуму на відстані 7,5 метрів від дороги пропорційний до 30 логарифмів швидкості, також він залежить від типу автомобіля та використовуваної передачі.

Метрополітен майже не виробляє шуму для міського середовища. Трамваї створюють шум на рівні 70-80 дБ, залізничний транспорт - 100-110 дБ, транспорт на магнітному підвісі - до 60 дБ. Мости та естакади є значними джерелами шуму, але тунелі можуть знизити рівень шуму до 55-65 дБ.

Для зменшення шумового забруднення важливо впроваджувати різноманітні заходи, такі як використання більш тихих видів транспорту, покращення якості дорожнього покриття, встановлення шумозахисних бар'єрів, а також розробка і реалізація інтегрованих міських транспортних планів, які сприяють зменшенню інтенсивності транспортного потоку. Розвиток громадського транспорту та велоінфраструктури, а також стимулювання пішохідного руху також можуть внести свій вклад у зниження рівня шуму у містах.

Коли транспортний засіб пересувається, виникають вібрації, обумовлені небалансом сил у компонентах та агрегатах, а також через нерівності доріг. Ці коливання передаються на дорожнє покриття, ґрунт і до прилеглих елементів інфраструктури.

Вібрації від руху транспорту впливають не лише на водіїв і пасажирів, але й поширюються на значні відстані від дороги, часто перевищуючи рівень комфорту для людей на відстані до 10 метрів. В домівках, що знаходяться поблизу, ці вібрації можуть негативно впливати на здоров'я людей через тривалу експозицію.

Будинки, розташовані неподалік від метрополітену, можуть відчувати

інтенсивні вібрації, особливо в радіусі 70 метрів від тунелю. Джерело цих вібрацій - контакт коліс з рейками, що викликає поширення коливань у різних напрямках. У житлових будинках, віддалених на 40-45 метрів, рівень віброприскорення на основних частотах може становити 27-25 дБ.

Будівлі, розташовані поруч з трамвайними коліями, також схильні до вібраційних впливів від руху трамваїв. Ці вібрації передаються через рейкові шляхи на опори та далі до прилеглих конструкцій, впливаючи на комфорт проживання та міцність будівель.

Вібрація також пов'язана з плавністю руху транспортного засобу і відчувається людьми, особливо при високих віброприскореннях. Вважається, що віброприскорення на рівні $0,1 \text{ м/с}^2$ є безпечним для здоров'я людини.

Важливо, щоб у плануванні міста бралися до уваги можливі вібраційні впливи від транспорту, особливо в районах з інтенсивним трафіком та біля залізничних колій і метро. Заходи можуть включати застосування шумо- та віброізоляційних матеріалів у будівництві, а також впровадження технологій, що зменшують вібрацію у транспортних засобах.

- Електромагнітне випромінювання виникає через взаємодію електричних і магнітних полів. Це явище притаманне багатьом електротехнічним пристроям і системам, включаючи автомобільну систему запалювання, такі як свічки запалювання, розподільники, високовольтні проводи.

Електромагнітні поля з високою щільністю енергії можуть негативно впливати на людський організм. Шкода залежить від кількості енергії, яку передають ці поля, а також від частоти або довжини хвилі випромінювання.

У міському громадському транспорті, такому як електропоїзди, трамваї і тролейбуси, середні рівні магнітного поля можуть становити від 20 до 30 мкТл. На станціях метрополітену ці значення можуть досягати 50-100 мкТл, а всередині вагонів метро - навіть 150-200 мкТл, що в кілька разів перевищує допустимі норми. Для автомобілів нормована напруженість поля електромагнітного випромінювання в діапазоні 30-1000 МГц повинна бути не вище 34 дБ.

Транспорт впливає на екологічний стан міського середовища, представляючи потенційну небезпеку для здоров'я і майна людей. У цьому контексті, розвиток містобудування та модернізація систем громадського транспорту мають бути зорієнтовані на зниження екологічних витрат і ризиків. Це може включати впровадження технологій, які знижують вплив електромагнітних полів, а також планування транспортних маршрутів і інфраструктури з мінімізацією шкоди для навколишнього середовища та здоров'я людей. Сприяння використанню екологічно чистих видів транспорту, таких як електромобілі або гібридні транспортні засоби, також може внести важливий вклад у покращення міського екологічного стану.

1.3 Виклики та можливості розвитку громадського пасажирського транспорту.

Наукові дослідження економічного розвитку різних регіонів і міст країни виявили ключові чинники успіху в контексті постіндустріальної економіки. Серед цих чинників важливе місце займають розвиток урбанізованих агломерацій і бізнес-кластерів, диференціація та спеціалізація виробничих і економічних діяльностей, а також розвиток сфери послуг і інфраструктури. Іншими важливими аспектами є зростання зайнятості, розвиток інноваційних систем на місцевому рівні та створення умов для комфортного проживання і творчої роботи.

Особливе значення у цьому процесі має розвиток громадського транспорту, який визначається як ключовий фактор мобільності населення та доступності послуг. Ефективний і якісний громадський транспорт сприяє розширенню можливостей для місцевого розвитку, забезпечуючи зв'язок між різними районами і сприяючи інтеграції регіонів. Це стимулює економічне зростання, оскільки забезпечує зручність пересування як для жителів, так і для бізнесу.

Важливо враховувати, що розвиток громадського транспорту має бути

частиною комплексного планування, яке включає розширення та модернізацію транспортної інфраструктури, впровадження інноваційних технологій і забезпечення екологічності транспортних засобів. Такий підхід дозволить створити стійку та ефективну транспортну систему, яка забезпечить зростання мобільності населення та підвищення якості життя в регіонах і містах.

Громадський транспорт забезпечує можливість перевозити велику кількість пасажирів, використовуючи при цьому відносно обмежений простір. Це створює умови для використання ефекту масштабу в ситуаціях, коли є висока концентрація користувачів послуг перевезення. Завдяки своїй ємності та ефективності, громадський транспорт відіграє ключову роль у розвитку транспортного сектору. Крім того, через свою екологічність порівняно з приватними автомобілями, громадський транспорт привертає все більше уваги на політичному та соціальному рівнях у багатьох країнах та містах.

Однак, дослідження економічних аспектів зростання частки громадського транспорту та його впливу на розвиток міських районів ще недостатньо представлені в науковій сфері. Економічні дослідження в цій галузі, як правило, зосереджені на аналізі часових витрат в дорозі та впливі інвестицій у транспортну та дорожню інфраструктуру. Це вказує на необхідність проведення більш широких і детальних емпіричних досліджень стану та перспектив розвитку міського громадського транспорту.

Важливо розглядати громадський транспорт не лише як засіб пересування, а й як інструмент для підвищення якості життя в містах, сприяння сталому розвитку і зменшення екологічного впливу. Це включає в себе розробку інтегрованих міських планів, що враховують потреби у мобільності, доступності послуг і створення комфортного середовища для життя та роботи громадян.

Спостерігається відсутність або недостатня обґрунтованість емпіричних досліджень, що визначають зв'язок між розвитком громадського транспорту як важливим фактором і економічним ростом регіону чи муніципалітету як результатом. Це може бути пов'язано з тим, що регіональні та місцеві органи

влади часто використовують такі інструменти управління громадським транспортом, як діагностичний аналіз, прогнозування та оптимізація, несистематично та епізодично. В даний час основною роллю громадського транспорту є доповнення до особистого автомобільного транспорту, який переважає у більшості міських транспортних систем.

Важливо підкреслити, що інтеграція громадського транспорту у загальну транспортну стратегію міста має величезний потенціал для підвищення якості життя населення, зниження заторів і забруднення довкілля. Впровадження новітніх технологій, таких як електромобілі, смарт-транспортні системи та мобільні додатки для покращення планування маршрутів, може значно підвищити ефективність та доступність громадського транспорту. Це може стимулювати зростання місцевої економіки та привабливість міста для інвесторів та нових мешканців, сприяючи таким чином економічному розвитку регіону.

Функція інтегрованого планування послуг громадського транспорту рідко реалізується на рівнях регіональної та місцевої влади. Проте спостерігається зростаюча тенденція до збільшення уваги до громадського транспорту на регіональному рівні, зі змінами в розподілі відповідальності між різними рівнями управління. Це стимулює підвищення якості комплексного планування і підтримки прийняття рішень у сфері громадського транспорту. Регіональні органи влади починають усвідомлювати необхідність планування розвитку громадського транспорту на рівні всього регіону, з використанням принципів та інструментів планування.

Основною проблемою залишається координація між регіональними та місцевими органами влади в питаннях використання територій для надання послуг громадського транспорту, розвитку транспортної інфраструктури та забезпечення адекватного фінансування громадського транспорту.

Необхідно враховувати важливість інтеграції громадського транспорту з іншими видами транспорту, зокрема з приватними автомобілями, велосипедними та пішохідними маршрутами, для створення ефективної

мультимодальної транспортної системи. Це передбачає не лише розвиток громадського транспорту, а й покращення інфраструктури для велосипедистів і пішоходів, а також застосування інноваційних технологій для підвищення якості транспортних послуг. Такий підхід сприятиме збільшенню мобільності населення, зменшенню заторів і забруднення довкілля, а також підвищенню якості життя в регіонах.

Стратегічне планування послуг міського громадського транспорту, як частини суспільного блага, тісно пов'язане з управлінням якістю цих послуг. При плануванні якісного рівня цих послуг необхідно враховувати такі важливі елементи, як визначення необхідних обсягів інвестицій у транспортні засоби та дорожню інфраструктуру. Незалежно від джерел фінансування, призначених на розвиток громадського транспорту, важливо забезпечити високу соціально-економічну ефективність використання цих ресурсів, що саме по собі є складною задачею через брак науково обґрунтованих методик оцінки.

Крім того, послуги громадського транспорту та, зокрема, перевезення населення значною мірою залежать від державних субсидій. Тому тарифи на ці послуги, а також заробітна плата співробітників організацій міського громадського транспорту, регулюються відповідно.

Для підвищення ефективності громадського транспорту важливо також розробити інтегровані підходи до транспортного планування, які включають розробку мультимодальних транспортних систем, заохочення використання екологічно чистих видів транспорту, оптимізацію маршрутних мереж та покращення умов для велосипедного і пішохідного руху. Такий підхід сприятиме не лише поліпшенню якості послуг громадського транспорту, але й зниженню заторів, забруднення повітря та підвищенню якості життя у міському середовищі.

В даний час спостерігається активний розвиток великих багаторівневих міських пасажирських терміналів, призначених для модальних перевезень. Ці термінали виступають як ключові вузли, де зосереджується взаємодія між муніципальним та комерційним використанням простору. Інтеграція може

варіюватися від простої співпраці між владою і бізнесом до формування приватно-державного (муніципального) партнерства з метою спільного використання території, де транзит відіграє вирішальну роль.

Проте існує певне упередження проти розвитку міського громадського транспорту, пов'язане з негативним сприйняттям колективних поїздок. Особиста мобільність часто вважається символом соціального статусу і економічного благополуччя, тому користувачі громадського транспорту сприймаються як менш успішна частина населення. Таке сприйняття може негативно впливати на імідж навіть високоякісних послуг громадського транспорту.

У контексті цих викликів важливо змінити сприйняття громадського транспорту населенням. Це можна зробити через покращення якості послуг, підвищення комфорту і зручності перевезень, а також через інформаційні та освітні кампанії, які підкреслюють важливість громадського транспорту для сталого розвитку міст та екологічної безпеки. Крім того, розвиток інтегрованих транспортних систем, які включають громадський транспорт, велосипедні шляхи, пішохідні зони та електромобілі, може сприяти створенню більш ефективної та доступної міської мобільності.

Розвиток послуг міського громадського транспорту стикається з низкою викликів. Міста як територіальні одиниці характеризуються високою концентрацією економічної діяльності та складними просторовими структурами, які підтримуються системами міського транспорту. У великих містах зростає складність функціонування транспортних систем, особливо при неефективному муніципальному управлінні. Основні проблеми, з якими стикається муніципальний транспорт, пов'язані із забезпеченням потреб жителів міських районів. Часто транспортні системи не в змозі повною мірою задовольнити зростаючі потреби міської мобільності через різні обмеження.

Ефективність міського господарства тісно пов'язана з ефективністю транспортної системи, здатною забезпечити пересування пасажирів і вантажів різними видами міського транспорту.

Крім того, для подолання цих проблем важливо впроваджувати інноваційні підходи в плануванні та управлінні міським громадським транспортом. Це може включати розробку інтегрованих мультимодальних транспортних систем, які поєднують різні види транспорту для створення більш гнучких і зручних маршрутів. Особливу увагу слід приділити використанню екологічно чистих транспортних засобів, покращенню інфраструктури для велосипедистів та пішоходів, а також застосуванню новітніх технологій для оптимізації роботи транспортних систем. Такі зміни можуть сприяти поліпшенню якості транспортних послуг, зменшенню транспортних заторів і забруднення довкілля, а також підвищенню загальної якості життя в міських районах.

Серед ключових проблем, які ускладнюють розвиток міського громадського транспорту, можна виділити наступні:

- розвиток дорожньої інфраструктури та маршрутизації перевезень не відповідає поточному попиту на послуги громадського транспорту, внаслідок чого виникають транспортні затори та проблеми з паркуванням на зупинках, а також скорочується громадський простір через інтенсивний пасажирський трафік;

- низька якість послуг громадського транспорту, що проявляється в обмеженій швидкості руху, проблемах з безпекою і недостатньому рівні додаткових сервісів;

- негативний вплив на екологію, особливо від автобусів, які забруднюють атмосферу вихлопними газами, а також шум від електричних видів транспорту, таких як трамваї;

- фінансові труднощі муніципальних транспортних компаній через обмеження в субсидуванні послуг і низьку заробітну плату працівників.

Незважаючи на значні витрати на експлуатацію громадського транспорту та інфраструктури, його ефективність у зниженні транспортних заторів залишається недостатньою. Цей парадокс в частині обумовлений просторовою структурою сучасних міст, яка орієнтована більше на індивідуальні потреби,

ніж на громадські. Таким чином, особистий автомобіль продовжує домінувати в міському транспорті в розвинених країнах. Громадський транспорт, в цьому контексті, більше виконує соціальну роль, забезпечуючи доступність і соціальну справедливість для людей із середнім і низьким доходом.

У контексті цих викликів важливо розробляти стратегії, які підвищать ефективність міського громадського транспорту, включаючи інвестиції в модернізацію інфраструктури, впровадження інтегрованих транспортних рішень та покращення якості послуг. Також важливим є розвиток альтернативних, екологічно чистих видів транспорту та залучення інноваційних технологій для оптимізації управління транспортними потоками.

1.4 Висновки та поставника завдань до кваліфікаційної роботи

Вивчивши виклики та перспективи розвитку міського громадського пасажирського транспорту, особливо в контексті екологічних проблем, було виявлено, що для бакалаврської роботи слід зосередитися на таких завданнях:

- Створити фундаментальні засади для розвитку міського пасажирського транспорту;
- Провести аналіз транспортної мережі міста Тернополя, визначивши її ключові аспекти;
- Розробити маршрутну мережу міста, враховуючи основні рекомендації та параметри, які були отримані в аналітичній частині дослідження;
- Обрати та аргументувати вибір транспортних засобів для забезпечення потрібної кількості пасажирських перевезень у розробленій маршрутній мережі;
- Визначити основні технічні та економічні показники експлуатації транспортних засобів на маршруті та розробити графік їх руху;
- Розглянути питання забезпечення безпеки праці та запобігання надзвичайним ситуаціям у сфері транспорту.

2. ЗАХОДИ ІЗ УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ

2.1 Основні принципи розбудови системи міського пасажирського транспорту

У сучасному світі ключовими аспектами розвитку міського громадського транспорту є стратегічне планування та оперативне управління системами перевезень. Це включає в себе не лише ефективне управління потоками пасажирів під час їх посадки та висадки, але й детальне проектування та розміщення зупинок громадського транспорту, з огляду на їх доступність та зручність для мешканців.

Крім того, важливим аспектом є планування маршрутів, що передбачає розробку оптимальних шляхів пересування громадського транспорту з метою мінімізації затримок і забезпечення регулярності руху. Оперативне регулювання руху, зокрема через системи сигналізації та світлофорів, також відіграє важливу роль у забезпеченні плавності та безпеки перевезень.

Не менш важливою є організація непрямих ініціатив, які підтримують громадський транспорт. Це може включати заходи стимулювання використання громадського транспорту, наприклад, через інтеграцію з іншими видами перевезень, впровадження гнучких тарифів, підтримку екологічних ініціатив, та використання новітніх технологій для покращення сервісу та комфорту пасажирів.

Таким чином, розвиток міського громадського транспорту є багатогранним процесом, який вимагає комплексного підходу, включаючи технічні, організаційні та соціальні аспекти.

I. Комплексне управління послугами міського пасажирського транспорту включає в себе розробку та реалізацію стратегій та оперативних заходів, спрямованих на покращення якості та ефективності транспортного сервісу.

1. Керування міським пасажирським транспортом охоплює як високорівневе стратегічне планування, так і деталізоване оперативне

управління. Цей процес починається з формування стратегічних політик та завершується розробкою конкретних розкладів руху транспорту на різних маршрутах. Таке планування варіюється в залежності від специфіки транспортного оператора, особливостей маршруту та інфраструктури.

1.1. Стратегічне планування міського пасажирського транспорту включає в себе розробку ресурсного потенціалу, структурування мережі міських транспортних маршрутів, а також детальне планування кожного окремого маршруту. Наприклад, оптимізація маршруту може включати додавання нових зупинок для зручності пасажирів, хоча це може збільшити час у дорозі та експлуатаційні витрати. При цьому ключовими факторами є швидкість руху транспортного засобу та надійність надання послуг, що включає регулярність та пунктуальність руху транспорту. Цілісний підхід до планування міського пасажирського транспорту передбачає врахування широкого спектра факторів - від вимог безпеки та комфорту пасажирів до екологічних стандартів та економічної ефективності.

2. Втілення ключових програм з розширення та покращення міського громадського транспорту.

Ключові ініціативи з розвитку міського громадського транспорту можуть бути впроваджені як окремі проекти або в рамках комплексних програм. Різні міста світу застосовують різноманітні методики в цьому контексті, включаючи створення швидкісних маршрутів, виконання міських програм зосереджених на пріоритетному розвитку транспортної системи, а також спеціалізовані програми модернізації транспортних засобів і інфраструктури на окремих маршрутах.

2.1. Ступені впровадження програм. Дослідження розвитку міського громадського транспорту у розвинених країнах виявили п'ять основних рівнів реалізації таких програм - від часткового застосування окремих поліпшень до повноцінного використання всього комплексу заходів по всій транспортній мережі. Важливо зазначити, що відсутні універсальні критерії для класифікації цих рівнів, оскільки вони відображають різноманітність підходів до розвитку громадського транспорту в залежності від конкретних умов і потреб.

Наприклад, на базовому рівні реалізації програми може бути розглянуто як ініціатива, що зосереджена на модернізації певних аспектів транспортних засобів, оновленні дорожньої інфраструктури або оптимізації маршрутів перевезення пасажирів. Це може включати в себе такі заходи, як поліпшення якості дорожнього покриття, модифікація правил дорожнього руху для підвищення пріоритету громадського транспорту, або введення нових технологій для підвищення рівня комфорту та ефективності перевезень.

Таблиця 2.1 – Етапи розвитку міського громадського транспорту

Рівень реалізації	Склад заходів програми розвитку
Обмежений	Оновлення окремих елементів та вузлів транспортних засобів, оновлення міської дорожньої інфраструктури та зміни в організації маршрутів перевезень
На окремому маршруті	Створення комплексних стратегій для вдосконалення перевезення пасажирів на окремих ділянках маршруту або по всій його протяжності.
На окремій території	Здійснення покращень в межах ВДМ міста
В окремій системі	Запровадження та імплементація усіх заходів із покращення системи громадського транспорту
Комплексний	Запровадження комплексних удосконалень в системі громадського транспорту

Оскільки багато індивідуальних ініціатив лише частково сприяють прискоренню перевезень та покращенню якості обслуговування, вони все ж можуть виявитися корисними для певних маршрутів та операцій у сфері управління.

Часткове застосування програм розвитку громадського транспорту часто не дає всебічної ефективності, але може бути важливим кроком у напрямку досягнення більш комплексних цілей. Специфічний розвиток програми для

окремого маршруту може включати реалізацію спільних заходів, що сприяють підвищенню ефективності перевезень на окремих ділянках маршруту або по всій його протяжності.

Наприклад, впровадження виділених смуг для громадського транспорту та скорочення кількості зупинок можуть значно збільшити швидкість перевезень. Крім того, багато місцевих урядів проводять дослідження з метою виявлення потенційних поліпшень у системах громадського транспорту та розробляють стратегії для підвищення швидкості та ефективності обслуговування на маршрутах.

Доповнюючи, важливо враховувати, що сучасні тенденції в розвитку громадського транспорту також зосереджуються на інтеграції новітніх технологій, таких як системи GPS-моніторингу та розумне управління трафіком, що дозволяє підвищити точність розкладів та зменшити час очікування для пасажирів. Також набувають популярності екологічні ініціативи, наприклад, впровадження електричних або гібридних автобусів, що сприяє зниженню забруднення навколишнього середовища.

Реалізація програм розвитку громадського транспорту в окремих районах міста включає запровадження вдосконалень у певних міських зонах. Такі поліпшення можуть бути застосовані на різних маршрутах громадського транспорту, в конкретних районах, біля вузлових транспортних пунктів, як-от автостанції та станції метро. Одним із поширених прикладів є введення обмежень на автомобільний рух у певних частинах міста, особливо в адміністративних центрах або історичних районах, що сприяє покращенню якості життя місцевих жителів і приваблює туристичні потоки.

Щодо розвитку окремих видів громадського транспорту, таких як автобусні, трамвайні, тролейбусні системи чи метрополітен, програми можуть включати різноманітні типи вдосконалень. Це може бути модернізація транспортних засобів, оновлення інфраструктури, введення нових технологій для покращення ефективності і комфорту перевезень. Такі ініціативи часто вимагають значних капіталовкладень і можуть потребувати фінансування від

регіональних чи федеральних урядових структур.

Важливим аспектом є інтеграція різних видів громадського транспорту в єдину мультимодальну систему, що дозволяє забезпечити більш зручне та ефективне пересування мешканців і гостей міста. Також актуальним є зосередження уваги на екологічних аспектах, наприклад, заміна традиційних автобусів на електричні або гібридні, що сприяє зменшенню викидів та покращенню стану довкілля.

Інтегрований підхід до вдосконалення міського громадського транспорту включає такі ключові елементи: впровадження важливих заходів, таких як створення спеціальних смуг для громадського транспорту та оновлення парку транспортних засобів, а також удосконалення та синхронізація всієї транспортної мережі та систем управління транспортними потоками. Це сприяє значному поліпшенню рівня обслуговування пасажирів, підвищенню якості перевезень, а також забезпечує соціальну та економічну вигоду.

2.2. Виклики в процесі впровадження програм покращення міського громадського транспорту. У багатьох містах світу реалізуються ініціативи, що мають на меті часткове оновлення системи громадського транспорту. Проте, часто зустрічаються проблеми, такі як відсутність єдиного централізованого управління транспортними маршрутами, поганий стан інфраструктури та неефективне використання міського простору. Реалізація запланованих покращень становить складність для місцевих органів влади та транспортних компаній.

Однією з ключових проблем є обмежений простір міських доріг, який не дозволяє розширювати їх для створення окремих смуг для громадського транспорту за рахунок простору, відведеного для особистих автомобілів. Така ситуація вимагає пошуку компромісних рішень та інноваційних підходів до використання наявного міського простору.

Також важливою є проблема підвищення обізнаності громадян про переваги громадського транспорту, особливо в контексті сучасних міських умов, де ефективність та доступність громадського транспорту можуть значно

покращити якість життя мешканців. Важливим є також розвиток інтегрованих транспортних систем, які включають різні види громадського транспорту, а також впровадження новітніх технологій для підвищення ефективності та комфорту перевезень, таких як електронні системи оплати проїзду та інтелектуальні системи управління трафіком.

Стратегічне планування та ефективне управління пасажирськими потоками є ключовими елементами у вирішенні проблем, які стоять перед системою громадського транспорту. Це вимагає чіткого визначення цілей та координації дій між різними організаціями та установами, кожна з яких має свої власні завдання. Наприклад, автотранспортні компанії зосереджені на розробці розкладів руху, тоді як міські влади прагнуть зниження дорожніх заторів.

Для досягнення спільної мети - ефективного та раціонального використання міського простору - обидві сторони повинні навчитися працювати у тісній взаємодії. Протиріччя між цілями стають ще більш актуальними з урахуванням інтересів інших учасників, таких як служби міського благоустрою.

Таким чином, серед основних викликів у розвитку міського громадського транспорту виокремлюються проблеми координації між різними відомствами, тиск з боку користувачів особистих автомобілів, недостатня обізнаність населення про переваги громадського транспорту, а також опір змінам, який може виявлятися як з боку транспортних компаній, так і з боку міських жителів.

Для вирішення цих проблем необхідно розробляти комплексні підходи, які включають інтеграцію різних видів транспорту, впровадження інноваційних технологій для покращення логістики та управління трафіком, а також розвиток ефективних комунікаційних стратегій для підвищення обізнаності громадськості та залучення громадян до активної підтримки і використання громадського транспорту.

3. Розвиток централізованих контрольних центрів громадського

транспорту. Централізовані контрольні центри відіграють ключову роль у керуванні міським громадським транспортом, виконуючи завдання, такі як нагляд за рухом транспорту на маршрутах та забезпечення ефективного спілкування з водіями та пасажирями. Вони допомагають у підтримці розкладу руху та інтервалів між рейсами, що є важливим для забезпечення надійності та ефективності перевезень.

У випадках порушень графіка руху, персонал цих центрів ухвалює рішення щодо коригування маршрутів, швидкості руху або напрямків перевезень для мінімізації затримок та впливу на розклад. Такі центри використовують різноманітні системи зв'язку та інформування, включаючи системи моніторингу транспорту, надання даних про розташування всіх транспортних засобів у системі, контроль за порушеннями та наявність запасних транспортних засобів для швидкої заміни на маршрутах.

Додатково, сучасні контрольні центри інтегрують новітні технології, такі як штучний інтелект та аналіз великих даних, для прогнозування та оптимізації руху транспорту, що дозволяє знижувати час в дорозі, покращувати пасажирський досвід та підвищувати загальну безпеку на дорогах. Інтеграція таких систем допомагає вирішувати виклики, пов'язані з міськими перевезеннями, та покращувати ефективність міської транспортної інфраструктури.

Діяльність централізованих контрольних центрів громадського транспорту зосереджена на вдосконаленні сервісу громадського транспорту в реальному часі та внесенні ефективних корективів у маршрутизацію. Ефективність таких центрів найвища, коли транспортна система працює стабільно. Проте, виклики з покращенням обслуговування пасажирів виникають при непередбачених затримках, спричинених дорожніми заторами чи інцидентами на маршрутах. Ці виклики можуть бути ефективно подолані за допомогою логістичних принципів координації, інтеграції систем управління та оптимізації маршрутів.

Щодо управління процесом посадки та висадки пасажирів, це є

ключовими технологічними операціями в рамках процесу перевезення, що забезпечують включення та виключення клієнтів із загального потоку пасажирів. Ефективне управління цими процесами не тільки сприяє плавності та ефективності перевезень, але й забезпечує комфорт і безпеку пасажирів. Це включає в себе не тільки оптимізацію розташування та дизайну зупинок, але й впровадження технологій для швидкого і зручного доступу до транспортних засобів, наприклад, систем автоматизованої ідентифікації пасажирів та безконтактної оплати проїзду.

Ефективність транспортної системи та рівень задоволеності користувачів громадським транспортом значно залежить від управління процесами посадки та висадки пасажирів. Одна з ключових відмінностей між особистим автотранспортом та громадським полягає у здатності особистого транспорту доставляти пасажирів безпосередньо до пункту призначення, на відміну від громадського транспорту, що вимагає додаткових зупинок. Одним із важливих чинників, який може підвищити привабливість громадського транспорту, є зменшення часу, необхідного для посадки та висадки пасажирів. Цей час залежить від числа пасажирів та факторів, як-от система оплати проїзду, кількість дверей у транспортному засобі, розміри салону та його внутрішній дизайн.

Крім того, на ефективність громадського транспорту та задоволеність пасажирів також впливають кількість та зручність розташування зупинок громадського транспорту. Оптимальне розташування та доступність зупинок може зменшити час у дорозі та поліпшити загальний досвід використання громадського транспорту. Ефективне розподілення зупинок, забезпечення комфорту на них, а також інтеграція з іншими видами транспорту - ключові аспекти, що впливають на вибір громадського транспорту як переважного способу переміщення в міському середовищі. Також важливим є впровадження сучасних технологій, таких як безконтактна оплата та інтелектуальні системи інформування, що сприяють зручності та ефективності посадки та висадки пасажирів.

1. Система оплати проїзду значно впливає на швидкість та ефективність громадського транспорту. У багатьох країнах світу поширена практика придбання проїзних квитків заздалегідь на станціях, що збільшує час обслуговування на зупинках через необхідність показувати квитки перед посадкою. Спосіб збору плати також впливає на привабливість пасажирських перевезень. Складні тарифні системи та процедури продажу квитків можуть знижувати інтерес до використання громадського транспорту, в той час як простіші системи оплати сприяють зростанню кількості користувачів. Процес оплати проїзду поділяється на два етапи: придбання проїзного квитка та його пред'явлення персоналу транспортного засобу. Існують основні моделі оплати: бортовий збір плати за проїзд, попередня оплата та комбіновані системи оплати.

Додатково, впровадження безконтактних технологій оплати, таких як електронні квитки чи мобільні додатки, може значно прискорити процес та зробити його зручнішим для пасажирів. Це не тільки зменшує час на обробку платежів, але й сприяє покращенню загального досвіду користування громадським транспортом. Також важливим є розвиток інтегрованих транспортних систем, де один проїзний квиток дозволяє користуватися різними видами транспорту, що сприяє зручності переміщення по місту та зменшенню загальних витрат на перевезення.

У системах оплати проїзду на борту транспортного засобу пасажирів мають змогу придбати квиток безпосередньо у водія або ж пред'явити вже куплений квиток. Водій, в такому разі, відіграє ключову роль у підготовці до перевезення, проте цей метод має свої недоліки. Основним недоліком є те, що індивідуальна взаємодія кожного пасажирів з водієм сповільнює процес посадки.

Системи з попередньою оплатою проїзду зменшують необхідність безпосереднього контакту пасажирів з екіпажем, що суттєво прискорює посадку та покращує ефективність перевезень. Проте існує ризик, що деякі пасажирів можуть скористатися транспортом без належного квитка.

Змішані системи оплати проїзду вводять нові технології, такі як використання смарт-карт, для адаптації до різних ситуацій. Ці системи відкривають нові горизонти в області громадського транспорту, оскільки вони дозволяють оптимізувати час, необхідний для включення пасажирів в процес перевезення. Смарт-карти вносять революційні зміни в способи оплати, забезпечуючи більшу гнучкість та ефективність у процесі посадки та відправлення транспорту.

Кількість доступних для використання дверей в транспортному засобі є важливим фактором, що впливає на час, витрачений на кожній зупинці. Більша кількість дверей, що можуть бути відкриті для входу та виходу, дозволяє прискорити процес посадки та висадки пасажирів, тим самим зменшуючи загальний час зупинки. Втім, кількість дверей, що фактично використовуються, може варіюватися в залежності від дизайну транспортного засобу та обраної системи оплати проїзду. Однак, існує деякі обмеження, наприклад, можливість блокування водієм доступу до певних дверей з метою контролю за безпекою або забезпечення ефективної посадки. Це може вплинути на гнучкість використання транспортного засобу, особливо в час пік, коли швидкість обслуговування пасажирів є критично важливою.

Дизайн інтер'єру салону автотранспортних засобів, якими є сучасні автобуси та трамваї, грає ключову роль у комфорті та доступності громадського транспорту. Особливо важливим є наявність низької підлоги, що сприяє легшій посадці та висадці різних категорій пасажирів, включаючи осіб з обмеженими можливостями, дітей та літніх людей. Елементи дизайну, такі як висота стелі, ефективне розміщення сидячих і стоячих місць, підігрів сидінь під час холодної пори року, система кондиціонування повітря влітку, а також розміри вікон, впливають на відчуття простору та комфорту в салоні. Крім того, чистота інтер'єру, наявність поручнів та інших елементів підтримки для стоячих пасажирів, є важливими для забезпечення безпеки та зручності під час подорожі. Ці аспекти, разом з естетичним оформленням, створюють приємне та зручне середовище для всіх користувачів громадського транспорту.

III. Процес планування та розробка зупинок маршрутів громадського транспорту є ключовим елементом для його ефективного функціонування. Правильне розташування станцій та зупинок відіграє важливу роль у залученні пасажирів до системи громадського транспорту та впливає на її операційну ефективність. Вибір місця для станцій та зупинок має бути збалансованим між потребами користувачів та транспортних компаній. На стратегічному рівні, збільшення кількості зупинок забезпечує кращу доступність послуг, але одночасно може підвищити витрати для транспортних компаній і знизити загальну швидкість перевезень. На практичному рівні, у великих містах, де існує проблема перевантаженості центральних районів, рішення щодо розміщення зупинок вимагає знаходження оптимального балансу між задоволенням транспортних потреб населення та збереженням вільних просторів для інших міських потреб. Це також включає увагу до дизайну та доступності зупинок, що має значення для зручності пасажирів і інтеграції зупинок у міське середовище.

1. Позиціонування та оформлення зупинок у мережі громадського транспорту є критичними факторами, що впливають на ефективність та швидкість транспортних перевезень. Перенесення зупинок у місця з оптимальною дорожньою ситуацією, наприклад, віддалено від перехресть, може значно прискорити транспортний потік. Крім того, дизайн зупинок, орієнтований на ергономічність та ефективність обслуговування пасажирських потоків, сприяє збільшенню швидкості обслуговування та підвищенню задоволення користувачів. Консолідація або оптимізація зупинок може скоротити час в дорозі та знизити операційні витрати, але при цьому може вплинути на загальну доступність послуг громадського транспорту.

При виборі місць для зупинок важливо враховувати їх взаємодію з міською інфраструктурою та потоками пішоходів. Зупинки повинні бути розташовані у місцях з високою концентрацією пішоходів, таких як пішохідні переходи чи перехрестя, що забезпечує зручність для пасажирів та сприяє легкому доступу до тротуарів та пересадкам. Також важливо враховувати

психологію пішоходів, які зазвичай вибирають найкоротші маршрути. Існують три основні підходи до розміщення зупинок у відношенні до перехресть: перед перетином, після перетину та між перетинами. Кожен з цих підходів має свої переваги та недоліки, які слід враховувати при плануванні та експлуатації зупинок.

На додаток, при плануванні місць розташування зупинок важливо досягти балансу між доступністю для пасажирів та ефективністю руху транспорту. Зупинки повинні бути достатньо близько одна до одної, щоб пасажирів могли легко дістатися до них, але не настільки близько, щоб це призводило до непотрібних зупинок і зниження швидкості перевезень. Це делікатне рівновагу між доступністю та оперативною ефективністю є ключовим аспектом у плануванні громадського транспорту.

2. Дизайн та розміщення зупинок громадського транспорту мають значний вплив на ефективність та швидкість міських транспортних перевезень. Існує декілька ключових підходів до конфігурації зупинок, кожен з яких має свої переваги та особливості. Один з популярних варіантів - це розширення проїзної частини біля зупинки, що дозволяє створити додаткову смугу для зупинки транспорту, мінімізуючи вплив на загальний трафік. Інший варіант включає встановлення піднятих платформ, що забезпечують зручність та безпеку пасажирів, які очікують транспорт, а також прискорюють процес посадки та висадки. Також зупинки можуть бути розташовані безпосередньо на узбіччі дороги, що є досить поширеним рішенням у багатьох містах.

Ефективна конфігурація зупинок може включати елементи такі, як накриття для захисту від негоди, комфортні лавочки, інформаційні табло з розкладом, а також інтеграцію із сучасними технологіями, наприклад, з системами онлайн-трекінгу транспорту. Особливу увагу слід приділити доступності зупинок для осіб з обмеженими можливостями, включаючи наявність пандусів та спеціальних сигнальних систем. Усі ці фактори сприяють не лише покращенню швидкості та ефективності перевезень, але й підвищують рівень комфорту та задоволення пасажирів.

3. Ключові аспекти проектування зупинок громадського транспорту включають ряд важливих факторів. Основним серед них є кількість потенційних пасажирів, що впливає на дизайн, розмір та особливості зупинки. Ці аспекти зумовлюють не лише комфорт перевезення, але й рівень задоволення пасажирів додатковими сервісами на зупинці.

Необхідні елементи для кожної автобусної зупинки включають знак зупинки, площадку для посадки з місцями для сидіння, доступність для пішоходів, інформаційні табло з розкладом маршрутів та сміттєві урни. Знак зупинки повинен бути чітко відмітний та легко розпізнаваний водіями, відображаючи статус оператора транспорту (муніципальний чи приватний). Розміри посадкової площадки мають корелювати з інтенсивністю пасажиропотоку. Важливо регулярно оновлювати інформацію про рух автобусів та їх маршрути на кожній зупинці, забезпечуючи актуальність даних для пасажирів.

Забезпечення комфорту та безпеки на автобусних зупинках є ключовим чинником, що впливає на вибір пасажирами громадського транспорту. До основних зручностей на зупинках належить наявність достатнього освітлення, озеленення території навколо зупинки та встановлення навісів.

IV. Управління та планування руху міського громадського транспорту. Однією з основних проблем у цій сфері є утворення транспортних заторів на маршрутах громадського транспорту. Існує ряд стратегій для зменшення впливу заторів. Ефективним рішенням може бути створення окремих смуг для руху громадського транспорту, але це часто вимагає значних витрат та може бути складно реалізувати через обмежені можливості інфраструктури. У випадку неможливості виділення ексклюзивних смуг існують альтернативні методи, такі як створення спеціалізованих смуг для громадського транспорту. Також можна застосувати складні системи управління трафіком, використовуючи графічні та економіко-математичні моделі, для надання пріоритету громадському транспорту та мінімізації негативного впливу на інших учасників дорожнього руху.

Загалом, для вирішення проблеми транспортних заторів на маршрутах громадського транспорту можна використовувати такі підходи [74]:

- модифікація правил дорожнього руху шляхом внесення змін або видалення деяких із них;
- призначення спеціальних смуг для громадського транспорту з наданням ексклюзивних прав на їх використання;
- створення транспортних хабів у бізнес та адміністративних районах міста, а також у місцях, де перетинаються різні види громадського транспорту;
- розширення та удосконалення інфраструктури, спрямованої на поліпшення руху громадського транспорту;
- розробка та впровадження інформаційно-комунікаційних технологій та програмного забезпечення для управління рухом громадського транспорту.

Дослідження у цій галузі показують, що використання комплексного підходу та відповідних методів є надзвичайно ефективним у вирішенні проблем з пробками і заторами на маршрутах громадського транспорту, враховуючи всю гаму доступних методів та моделей.

V. Оперативне керування рухом громадського транспорту за допомогою сигналів світлофорів. Надання пріоритету громадському транспорту через управління світлофорами може ефективно покращити рух. Схожі системи також використовуються для забезпечення переваги автомобілям екстрених служб. Застосування пріоритету для автобусів і трамваїв через світлофори є ефективним способом зменшення часу перевезення та підвищення надійності доставки пасажирів, що робить громадський транспорт більш привабливим для користувачів та сприяє зниженню експлуатаційних витрат [82].

Керування дорожнім рухом за допомогою світлофорів представляє собою інтегрований підхід до поліпшення міської транспортної системи. Воно включає розробку системи світлофорного регулювання так, щоб зелений сигнал загорався під час наближення автобуса або трамвая. Таке проектування системи світлофорів є складним завданням, оскільки необхідно враховувати потреби інших учасників дорожнього руху, таких як пішоходи, а також специфіку

вуличної мережі. Існують два основні види систем для забезпечення пріоритету громадського транспорту:

- в пасивній системі регулювання світлофорів створюється «зелений коридор» для громадського транспорту, що рухається строго за розкладом з постійною швидкістю;
- в активній системі регулювання світлофорів у реальному часі забезпечується переключення на зелений сигнал при наближенні транспортних засобів загального користування.

VI. Реалізація опосередкованих заходів на підтримку громадського транспорту. Головна мета цих заходів полягає в підвищенні організованості міських просторів, стимулюванні позитивних змін у міському середовищі та, відповідно, зростанні попиту на послуги громадського транспорту. Такі заходи можуть бути класифіковані наступним чином:

- регулювання дорожнього руху та поліпшення благоустрою вулиць. Використовуються різні методи для зниження швидкості та загального обсягу трафіку на проїжджих частинах. Обмеження руху сприяє створенню безпечного та зручного середовища для пересування мешканців, включаючи велосипедистів, в умовах низької інтенсивності трафіку. Серед популярних методів зниження інтенсивності та швидкості руху використовуються "лежачі поліцейські", підвищені пішохідні переходи, пішохідні зони тощо.

- підтримка та розширення велосипедної інфраструктури. Велосипеди є привабливим засобом пересування для коротких дистанцій, а також можуть ефективно доповнювати громадський транспорт для більш довгих поїздок, допомагаючи досягати станцій та зупинок.

- регулювання паркувального простору. Вибір між використанням громадського транспорту та особистого автомобіля часто залежить від можливості паркування на кінцевому пункті призначення. Місцева влада може впливати на паркувальну політику у місті. Керування парковочним простором може стати ключовим засобом для стимулювання використання громадського транспорту та зменшення дорожніх заторів.

- введення плати за в'їзд у місто. Імплементація різних систем оплати за в'їзд стає ефективним способом непрямого стимулювання користування громадським транспортом і методом регулювання попиту на індивідуальні перевезення. Завдяки сучасним технологіям можливо розробити гнучку схему тарифікації за в'їзд, враховуючи тип транспортного засобу, час його використання, та швидкість руху, щоб надати пріоритет громадському транспорту.

Ефективне управління міським громадським транспортом передбачає раціональне розподілення функцій між різними рівнями і суб'єктами управління, включаючи муніципальні органи влади (міські та районні), транспортних операторів та асоціації споживачів послуг громадського транспорту, що охоплюють населення. Основна мета управління послугами громадського транспорту полягає у забезпеченні задоволення потреб як існуючих, так і потенційних пасажирів, користувачів послуг перевезень та сервісу.

2.2 Огляд та дослідження міської транспортної системи Тернополя

Під час розробки транспортної мережі міста одним з основних завдань є розробка маршрутів. Ці маршрути мають бути сплановані так, щоб вони проходили найкоротшим шляхом між різними транспортними вузлами міста. Для визначення цих найкоротших маршрутів використовуються різноманітні математичні методи та комп'ютерні програми. В контексті розрахунково-графічних робіт для визначення найкоротших відстаней застосовуються методи потенціалів.

Починаючи розрахунок з вершини №1, ми призначаємо цій вершині потенціал, рівний нулю. Потенціали для вершин, що безпосередньо межують з даною вершиною, розраховуються відповідно до певної формули. Цей підхід дозволяє ефективно визначати оптимальні маршрути в мережі, враховуючи відстані та взаємозв'язки між різними точками транспортної системи.

$$V_{ij} = V_i + l_{ij}, \quad (2.1)$$

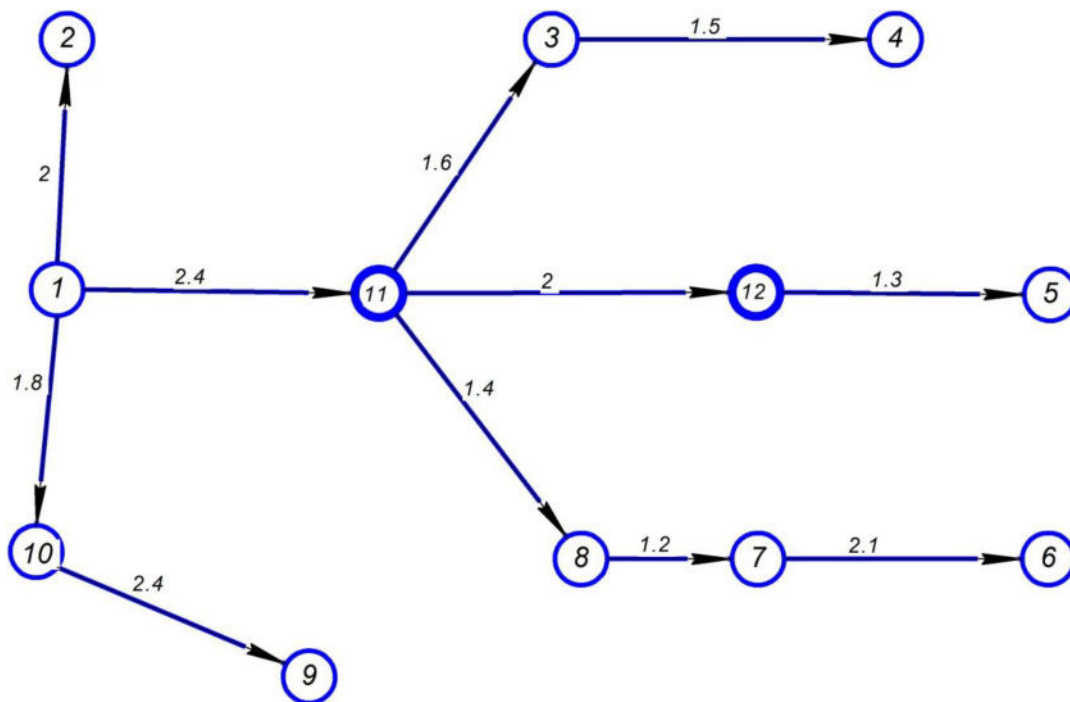
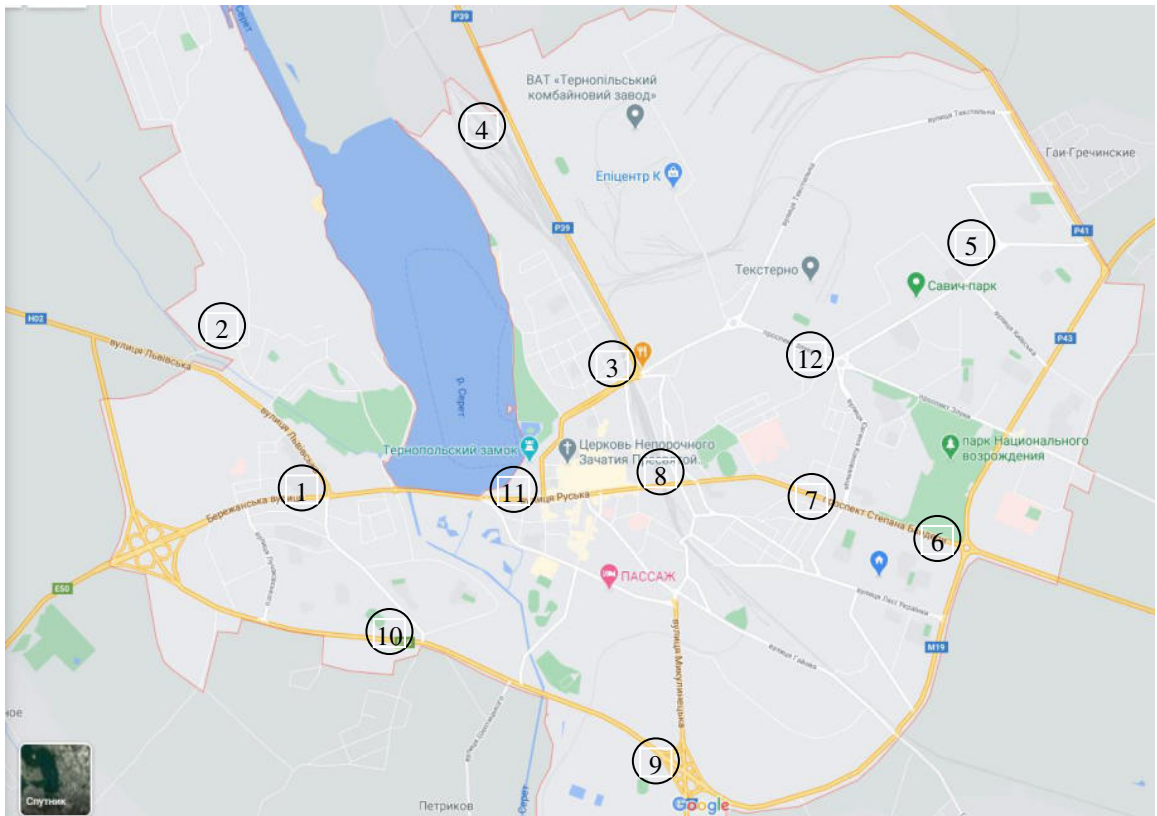
де V_{ij} – потенціал точки j , який розраховується з урахуванням точки i ;

V_i – потенціал, який надається вершині i ;

V_{ij} – відстань між вершинами i та j .

Під час розрахунку потенціалів вибирається той потенціал, який має найнижче значення, і призначається відповідній вершині на графі, позначаючи цю ланку стрілкою. Потім проводимо розрахунок потенціалів для вершин, які безпосередньо межують з вибраною вершиною. Цей процес повторюється для кожної сусідньої вершини, поступово визначаючи потенціали усіх вершин на графі.

Такий підхід дозволяє визначати найкоротші шляхи на графі з врахуванням відстаней та потенціалів вершин. Для вершини №1 результати розрахунків найкоротших відстаней ілюстровані на рисунку 2.1. Ці ж розрахунки аналогічно виконуються для всіх інших вершин, а результати фіксуються в таблиці 2.1. Цей метод дозволяє систематично оцінити і візуалізувати найефективніші маршрути в межах транспортної мережі, спрощуючи планування та оптимізацію маршрутів.



б)

Рисунок 2.1 – Орієнтований граф транспортної мережі

Таблиця 2.1 – Таблиця значень відстаней між вузлами ВДМ

№ ТР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	2	4	5,5	5,7	7,1	5	3,8	4,2	1,8
		1-2	1-11-3	1-11-3-4	1-11-12-5	1-11-8-7-6	1-11-8-7	1-11-8	1-10-9	1-10
2	2	-	3,4	4,9	6,7	8,2	8	6,8	6,2	3,8
	2-1		2-3	2-3-4	2-3-4-5	2-3-4-5-6	2-1-10-8-7	2-1-10-8	2-1-10-9	2-1-10
3	4	3,4	-	1,5	3,3	4,8	4,5	3	5,2	3,6
	3-11-1	3-2		3-4	3-4-5	3-4-5-6	3-12-7	3-11-8	3-11-8-9	3-11-10
4	5,5	4,9	1,5	-	1,8	3,3	4,1	5	7,2	8
	4-3-11-1	4-3-2	4-3		4-5	4-5-6	4-12-7	4-12-7-8	4-12-7-8-9	4-12-11-8-10
5	5,7	6,7	3,3	1,8	-	1,5	3,6	4,7	6,9	5,3
	5-12-11-1	5-4-3-2	5-4-3	5-4		5-6	5-6-7	5-12-11-8	5-12-11-8-9	5-12-11-10
6	7,1	8,2	4,8	3,3	1,5	-	2,1	3,3	5,5	6,3
	6-7-8-11-1	6-5-4-3-2	6-5-4-3	6-5-4	6-5		6-7	6-7-8	6-7-8-9	6-7-8-10
7	5	8	4,5	4,1	3,6	2,1	-	1,2	3,4	4,2
	7-8-11-1	7-8-10-1-2	7-12-3	7-12-4	7-6-5	7-6		7-8	7-8-9	7-8-10
8	3,8	6,8	3	5	4,7	3,3	1,2	-	2,2	3
	8-11-1	8-10-1-2	8-11-3	8-7-12-4	8-11-12-5	8-7-6	8-7		8-9	8-10
9	4,2	6,2	5,2	7,2	6,9	5,5	3,4	2,2	-	2,4
	9-10-1	9-10-1-2	9-8-11-3	9-8-7-12-4	9-8-11-12-5	9-8-7-6	9-8-7	9-8		9-10
10	1,8	3,8	3,6	8	5,3	6,3	4,2	3	2,4	-
	10-1	10-1-2	10-8-11-12-4	10-11-12-4	10-11-12-5	10-8-7-6	10-8-7	10-8	10-9	

2.3. Встановлення маршрутів на мережі вулиць і доріг.

Різноманітні аналітичні методи дозволяють аналізувати та оцінювати кількісні та якісні аспекти міжрайонних пасажирських потоків. Одна з найбільш відповідних моделей для аналізу більшості видів транспортних мереж – це гравітаційна модель розподілу пасажиропотоків. Ця модель базується на припущенні, що міжрайонні кореспонденції можуть бути представлені як функція, залежна від об'єму транспортного потоку, який виходить із певного району та прибуває в інший, а також від відстані між цими районами:

$$H_{ij} = HO_i, HP_j, c_{ij}, \quad (2.2)$$

де HO_i – обсяг відправлень з i -го району, в тисячах осіб.; HP_j – обсяг прибуттів до j -го району, в тисячах осіб; C_{ij} – складність забезпечення транспортного зв'язку між районами для пасажирів.

Ця модель визначається відповідно до наступної формули:

$$H_{ij} = HO_i \cdot \frac{HP_j \cdot c_{ij} \cdot k_j}{\sum_{j=1}^n HP_j \cdot c_{ij} \cdot k_j}, \quad (2.3)$$

де n – к-ть транспортних зон; k_j – коефіцієнт балансування.

Важкість сполучення для пасажирів між транспортними вузлами c_{ij} визначається за залежністю:

$$c_{ij} = \begin{cases} c_{nei}, & \text{якщо } i = j \\ l_{ij}^{-1}, & \text{якщо } i \neq j \end{cases}, \quad (2.4)$$

де i, j – нумерація транспортних зон; c_{nei} – коефіцієнт привабливості

внутрішньорайонних пішохідних маршрутів, c_{niu} необхідно прийняти значення, визначене за залежністю:

$$c_{niu} = 0,01 + 0,01 \cdot N_{oct}, \quad (2.5)$$

де N_{oct} - величина, що вказує на важкість сполучення, $N_{oct} = 6$

Таким же чином визначаємо решту значень c_{ij} і вносимо результати обчислень у таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Складність пересадки пасажирів між транспортними зонами c_{ij}

№ ТР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,07	0,5	0,25	0,18	0,17	0,14	0,2	0,26	0,23	0,55
2	0,5	0,07	0,29	0,2	0,14	0,12	0,12	0,14	0,16	0,26
3	0,25	0,29	0,07	0,66	0,3	0,2	0,22	0,33	0,19	0,27
4	0,18	0,2	0,66	0,07	0,55	0,3	0,24	0,2	0,13	0,12
5	0,17	0,12	0,3	0,55	0,07	0,66	0,27	0,21	0,14	0,18
6	0,14	0,12	0,2	0,3	0,66	0,07	0,47	0,3	0,18	0,15
7	0,2	0,12	0,22	0,24	0,27	0,47	0,07	0,83	0,29	0,23
8	0,26	0,14	0,33	0,2	0,21	0,3	0,83	0,07	0,45	0,33
9	0,23	0,16	0,19	0,13	0,14	0,18	0,29	0,45	0,07	0,41
10	0,55	0,26	0,27	0,12	0,18	0,15	0,23	0,33	0,41	0,07

Обчислення матриці кореспонденцій виконується через кілька етапів. На початковому етапі обчислення матриці призначається значення коефіцієнта балансування $k_j^p = 1$. Для спрощення розрахунків вводимо позначення проміжної матриці D_{ij}^p на p -ій ітерації, елементи якої розраховуються за

залежністю:

Для оптимізації процесу обчислень, введемо поняття проміжної матриці D^p_{ij} на етапі p -ої ітерації, компоненти якої визначаються на основі відповідної залежності.

$$D^p_{ij} = HP_j \cdot c_{ij} \cdot k_j^p, \quad (2.6)$$

Це дозволяє систематизувати та уніфікувати розрахунки, забезпечуючи точність та послідовність у визначенні даних. Проміжна матриця слугує важливим інструментом для аналізу та коригування результатів на кожному етапі, допомагаючи виявити тенденції та здійснити необхідні корективи для досягнення балансу між попитом та пропозицією у транспортній мережі. Цей підхід сприяє більш ефективному плануванню та управлінню транспортними потоками, враховуючи реальні потреби міського населення та особливості транспортної інфраструктури.

Також визначаємо інші показники D^l_{ij} та вписуємо результати в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Проміжна матриця D^l_{ij}

№ ТР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	70	650	375	450	323	196	260	520	552	935
2	500	91	435	500	266	168	156	280	384	442
3	250	377	105	1650	570	280	286	660	456	459
4	180	260	990	175	1045	420	312	400	312	204
5	170	182	450	1375	133	924	351	420	336	306
6	140	156	300	750	1254	98	611	600	432	255
7	200	156	330	600	513	658	91	1660	696	391
8	260	182	495	500	399	420	1079	140	100	561
9	230	208	285	325	266	252	377	900	168	597
10	550	338	405	300	342	210	299	660	984	119

Враховуючи введення символу проміжної матриці D_{ij}^p , формула (2.3) набуде такої форми:

$$H_{ij}^p = HO_i \cdot \frac{D_{ij}^p}{\sum_{j=1}^n D_{ij}^p} \quad (2.7)$$

Так само обчислюємо решту значень H_{ij}^l та вносимо дані розрахунків до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Матриця міжрайонних кореспонденцій H_{ij}^l

№ ТР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	36	330	190	229	164	100	132	264	280	475
2	326	59	284	326	173	109	102	182	250	288
3	74	111	31	486	168	82	84	194	134	135
4	34	4	184	33	195	78	58	74	58	38
5	55	59	145	444	43	298	113	136	108	99
6	58	64	124	310	518	41	253	248	179	105
7	6	53	112	204	174	224	31	564	237	133
8	86	60	164	166	133	140	359	47	359	186
9	130	118	161	184	151	143	214	510	95	395
10	183	112	135	100	114	70	100	220	327	40

Розрахунки, виконані за допомогою матриці міжрайонних кореспонденцій, мають відповідати таким критеріям:

$$\sum_{j=1}^n HO_i = \sum_{j=1}^n HP_j, \quad (2.8)$$

$$HO_i = \sum_{j=1}^n H_{ij}, \quad (2.9)$$

$$HP_j = \sum_{i=1}^n H_{ij}, \quad (2.10)$$

$$\sum_{i=1}^n HO_i = 16980nac$$

$$\sum_{j=1}^n HP_j = 16980nac$$

Отримані результати за умовами 2.9 і 2.10 представлені в наступних таблицях 2.5 і 2.6.

Таблиця 2.5 – Порівняння визначених та вихідних значень параметра HO_i

№ТР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
НО _і	2200	2100	1500	800	1500	1900	1800	1700	2100	1400
НО ¹ _і	2200	2100	1500	800	1500	1900	1800	1700	2100	1400

Таблиця 2.6 – Результати порівняння параметра НР_і із розрахунковим значенням

№ТР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
НР _і	1000	1300	1500	2500	1900	1400	1300	2000	2400	1700
НР ¹ _і	1049	1016	1531	2481	1833	1284	1444	2439	2028	1894

Аналіз результатів обчислень H_{ij}^1 виявив, що критерій 2.10 не дотримано. Необхідно встановити обсяг прибуттів пасажирів HP_j до районів та обсяг їх відправлень $HP_{ij}^{розр} = \sum_{i=1}^n HP_{ij}^p$ з цих районів, де різниця між ними не має перевищувати 5%. Розрахунок відхилення проводиться згідно з формулою:

$$\Delta_j = \frac{|HP_j^{розр} - HP_j|}{HP_j} \cdot 100\% < 5\% \quad (2.11)$$

$$\Delta_1 = \frac{|1049 - 1000|}{1000} \cdot 100\% = 4,9\%$$

Таким же чином визначаємо інші величини Δ_j та реєструємо результати обчислень у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Різниця між початковим об'ємом прибуттів HP_j у районах та вирахованими показниками HP_j

№ТР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Δ_j	4,9	22,8	2	0,8	3,5	8,3	11	21,9	15,5	11,4

Оскільки умова 2.11 не дотримується для більшості транспортних районів, проводимо обчислення коефіцієнтів балансування k_j^2 відповідно до встановленої залежності:

$$k_j^p = \frac{HP_j}{HP_j^{розр}} \quad (2.12)$$

Так само визначаємо інші показники k_j^2 та вносимо результати обчислень у таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 – Коефіцієнти балансування k_j^2

№ТР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
k_j^2	0,95	1,28	0,98	1,01	1,04	1,09	0,90	0,82	1,18	0,90

Після визначення коефіцієнтів для вирівнювання, так само як і в першому проходженні, виконуємо обчислення для елементів проміжної матриці D_{ij}^2 згідно з формулою 2.6 та для елементів матриці міжрайонних кореспонденцій H_{ij}^2 за формулою 2.7. Вносимо результати обчислень у таблиці 2.9 і 2.10.

Таблиця 2.9 – Матриця проміжних значень D_{ij}^2

№ ТР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	67	832	368	455	336	214	234	416	651	842
2	475	116	426	505	277	183	140	224	453	398
3	238	483	103	1667	593	305	257	528	538	413
4	171	333	970	177	1087	458	281	320	368	184
5	162	233	441	1389	138	1007	316	336	396	275
6	133	200	294	758	1304	107	550	480	510	230
7	190	200	323	606	534	717	82	1328	821	352
8	247	233	485	505	415	458	971	112	1274	505
9	219	266	279	328	277	275	339	720	198	627
10	523	433	397	303	356	229	269	528	1161	107

Таблиця 2.10 – Матриця міжрайонних кореспонденцій H_{ij}^2

№ ТР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	33	415	183	227	167	106	117	207	325	419
2	312	76	280	331	182	120	92	147	297	261
3	69	141	30	488	173	89	75	154	157	121
4	31	61	178	32	200	84	52	59	68	34
5	52	74	141	443	44	322	101	107	127	88
6	55	83	122	315	542	44	229	200	212	95
7	66	70	113	211	186	250	29	463	286	123
8	81	76	158	165	135	149	317	37	416	165
9	130	158	166	195	164	163	201	427	118	372
10	170	140	129	98	115	74	87	171	377	35

Так само, як і на першому етапі, виконуємо обчислення різниці між первинним об'ємом прибуттів HP_j у районах та розрахунковими даними HP_j згідно з формулою (2.11), а отримані результати вносимо в таблицю 2.11.

Таблиця 2.11 – Розбіжності між початковим обсягом прибуттів HP_j у районах та обчисленими показниками HP_j

№ТР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Δ_j	0	0,2	0,2	0,4	0,8	0,6	0,5	1	0,4	1,4

Різниця між початковими обсягами ємностей районів при прибутті HP_j та обчисленими значеннями HP_j не перевищує 5%, що відповідає критеріям, встановленим у кваліфікаційній роботі. Відтак, для наступних обчислень ми використовуємо значення міжрайонних пересадок, отримані на етапі другої ітерації.

2.4. Розрахунок мінімальної транспортної роботи

Для аналізу транспортного потенціалу комунального підприємства, яке займатиметься перевезеннями у міській високошвидкісній мережі, необхідно виконати розрахунок мінімального обсягу транспортних операцій.

Мінімальна транспортна робота P_{min} визначається на основі наступної формули:

$$P_{min} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^n P_{ij}^{min} + \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} P_{ij}^{min} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (H_{ij} + H_{ji}) \cdot l_{ij}^{min}, \quad (2.13)$$

де l_{ij}^{min} - найкоротша відстань між транспортними зонами i та j .

Для полегшення обчислень значення P_{min} згідно з формулою 2.13, визначаємо матрицю компонентів P_{min} для кожної взаємодії відповідно до залежності:

$$\begin{cases} P_{ij}^{\min} = H_{ij} \cdot l_{ij}^{\min} \\ P_{ji}^{\min} = H_{ji} \cdot l_{ji}^{\min} \end{cases}, \quad (2.14)$$

Так само визначаємо решту значень $P_{\min}$ та вносимо дані обчислень у таблицю 2.12.

Таблиця 2.12 – Мінімальна транспортна робота

№ ТР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	830	732	1249	952	753	585	787	1365	754
2	624	0	952	1622	1219	984	736	1000	1841	992
3	276	479	0	732	571	427	338	462	816	436
4	171	299	267	0	360	277	213	295	490	272
5	296	496	465	797	0	483	364	503	876	466
6	391	681	586	1040	813	0	481	660	1166	599
7	330	560	509	865	670	525	0	556	972	517
8	308	517	474	825	635	492	380	0	915	495
9	546	980	863	1404	1132	897	683	939	0	893
10	306	532	464	784	610	466	365	513	905	0

$$P_{\min} = 60198 \text{ пас.км}$$

2.5. Створення епюри пасажиропотоку у транспортній системі

Для створення епюр пасажирських потоків виконується аналіз пасажирських потоків на кожній ділянці транспортної мережі в обох напрямках. Цей аналіз базується на даних, отриманих із розрахунків матриці кореспонденцій та матриці найкоротших маршрутів.

Обчислюємо пасажиропотоки для кожного сегмента маршрутної мережі в

обидва напрямки (прямого Q_{ij} і зворотного Q_{ji}) як загальну кількість кореспонденцій, чий найкоротший маршрут, згідно з матрицею мінімальних відстаней, включає цей сегмент:

$$\begin{cases} Q_{ij} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m H_{ij}, \text{ якщо } i \rightarrow j \in H_{\dots \rightarrow i \rightarrow j \rightarrow \dots} \\ Q_{ji} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m H_{ji}, \text{ якщо } j \rightarrow i \in H_{\dots \rightarrow j \rightarrow i \rightarrow \dots} \end{cases} \quad (2.15)$$

Прямий напрямок:

Таблиця 2.13 – Потік пасажирів у прямому напрямі

Напря́м	Сума	Напря́м	Сума	Напря́м	Сума	Напря́м	Сума
Q_{1-2}	859	Q_{3-11}	75	Q_{5-12}	374	Q_{8-10}	563
Q_{1-10}	1449	Q_{3-12}	764	Q_{6-7}	892	Q_{8-11}	923
Q_{1-11}	913	Q_{4-5}	213	Q_{7-8}	1697	Q_{9-10}	660
Q_{2-3}	1610	Q_{4-12}	659	Q_{7-12}	684	Q_{10-11}	342
Q_{3-4}	532	Q_{5-6}	1007	Q_{8-9}	1266		

Зворотній напрямок:

Таблиця 2.14 – Пасажиropотік у зворотному напрямку

Напря́м	Сума	Напря́м	Сума	Напря́м	Сума	Напря́м	Сума
Q ₂₋₁	1109	Q ₁₂₋₃	113	Q ₁₂₋₅	581	Q ₁₀₋₈	669
Q ₁₀₋₁	674	Q ₅₋₄	1178	Q ₇₋₆	928	Q ₁₁₋₈	1009
Q ₁₁₋₃	359	Q ₁₂₋₄	669	Q ₈₋₇	1666	Q ₁₀₋₉	999
Q ₃₋₂	992	Q ₆₋₅	1248	Q ₁₂₋₇	256	Q ₁₁₋₁₀	243
Q ₄₋₃	863	Q ₁₁₋₁	354	Q ₉₋₈	1316		

Використовуючи зібрані дані, створюємо діаграму руху пасажирів у транспортній системі міста, яка показана на рисунку 2.2.

Рисунок 2.2 – Епюра пасажиропотоків транспортної мережі міста Тернополя

Оскільки методика обчислення пасажиропотоків для кожного сегмента транспортної мережі в обидва напрямки вимагає значних зусиль і існує ризик виникнення помилок у розрахунках, важливо здійснити додаткову перевірку. Цей процес перевірки має на меті забезпечення точності та надійності отриманих даних, що є критично важливим для планування та оптимізації транспортної мережі. Виконання такої верифікації дозволить ідентифікувати та виправити потенційні неточності, забезпечуючи високу якість планування транспортних потоків і підвищення ефективності громадського транспорту.

Перевірка здійснюється використовуючи діаграму пасажиропотоків на міській транспортній мережі (рисунок 2.2). Спершу визначаємо обсяг транспортної роботи для кожної ділянки у обох напрямках, виходячи з наступної формули:

$$P_{ij} = (H_{ij} + H_{ji}) \cdot l_{ij}, \quad (2.16)$$

де P_{ij} - транспортне завдання на ділянці між i -м та j -м транспортними зонами, в пасажиро-кілометрах;

H_{ij}, H_{ji} - пасажирський потік на ділянці в обох напрямках, прямому та оберненому, виражений в пасажирів;

l_{ij} - відстань між транспортними зонами i та j , в кілометрах.

Таким же чином виконуємо обчислення транспортної діяльності для решти ділянок, а отримані результати фіксуємо у таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 - Транспортна робота в транспортній мережі міста Тернополя по перегонах

Перегони	Транспортна робота, пас.км.
1-2	3936
1-10	3821,4
1-11	3266,4
2-3	4324,8
3-4	3903
3-11	2232
3-12	413,6
4-5	3495,6
4-12	1411,2
5-6	2860,5
5-12	1241,5
6-7	3822
7-8	4035,6
7-12	2350
8-9	5680,4
8-10	3696
8-11	2704,8

У наступній фазі верифікації обчислюємо загальний обсяг транспортних операцій по ділянках, використовуючи наступну формулу:

$$P_{\text{заг}} = \sum P_{ij}, \quad (2.17)$$

Сукупний обсяг транспортних дій по кожному перегону має відповідати мінімальному значенню транспортної роботи.

$$P_{\text{заг}} = 60198 \text{ пас.км.}$$

Виконані обчислення демонструють, що величина мінімальної транспортної роботи відповідає загальному обсягу транспортних операцій на ділянках:

$$P_{\text{мін}} = P_{\text{заг}} = 60198 \text{ пас.км.}$$

Таким чином, можемо констатувати, що обчислення пасажиропотоків для кожної частини транспортної мережі в обох напрямках, а також створення діаграми пасажиропотоків на транспортній системі міста, було виконано коректно.

2.6 Створення мережі міських маршрутів

Визначаємо маршрути для перевезення пасажирів, виходячи з критеріїв забезпечення безпересадкових сполучень та мінімізації часу подорожі. Оскільки через кожну ділянку можуть проходити до трьох маршрутів, встановлюємо інтервали, в рамках яких визначається кількість маршрутів, згідно з певною формулою:

$$\Delta = \frac{\max(Q_{ij}) - \min(Q_{ij})}{3} \quad (2.18)$$

$$\Delta = \frac{1698 - 75}{3} = 549 \text{нас.}$$

Приймаємо $\Delta = 549 \text{нас.}$

Від $\min(Q_{ij})$ до $(\min(Q_{ij}) + \Delta) = 75 \dots 616$ - 1 маршрут;

від $(\min(Q_{ij}) + \Delta)$ до $(\max(Q_{ij}) - \Delta) = 616 \dots 1157$ - 2 маршрути;

від $(\max(Q_{ij}) - \Delta)$ до $\max(Q_{ij}) = 1157 \dots 1698$ - 2 маршрути.

Приблизна кількість маршрутів, що з'єднують транспортні райони у міській транспортній системі, представлена на схемі 2.3.

При плануванні маршрутів основна увага приділяється вибору найкоротших шляхів. На початку процесу використовуємо детальну матрицю мінімальних відстаней для визначення двох транспортних зон, між якими має бути забезпечено зв'язок через максимально можливу кількість проміжних зон. Так, для маршруту №1 було обрано шлях, що проходить через точки 1-11-8-7-6. Далі, для вже сформованого маршруту проводимо оцінку можливості безпересадкового сполучення, що дозволяє визначити коефіцієнт пересаджуваності на кількісному рівні. Це робиться шляхом заповнення матриці безпересадкових сполучень, де клітини, що забезпечують пряме сполучення між парою транспортних зон, позначаються символом "+". Матриця, що ілюструє безпересадкові сполучення для маршруту №1, представлена в таблиці 2.16.

Такий підхід не тільки спрощує процес планування маршрутів, але й сприяє підвищенню ефективності громадського транспорту за рахунок оптимізації маршрутної мережі. Основна мета полягає в мінімізації часу подорожей для пасажирів і забезпеченні зручних безпересадкових сполучень, що в кінцевому підсумку призводить до зростання задоволеності користувачів послугами громадського транспорту.

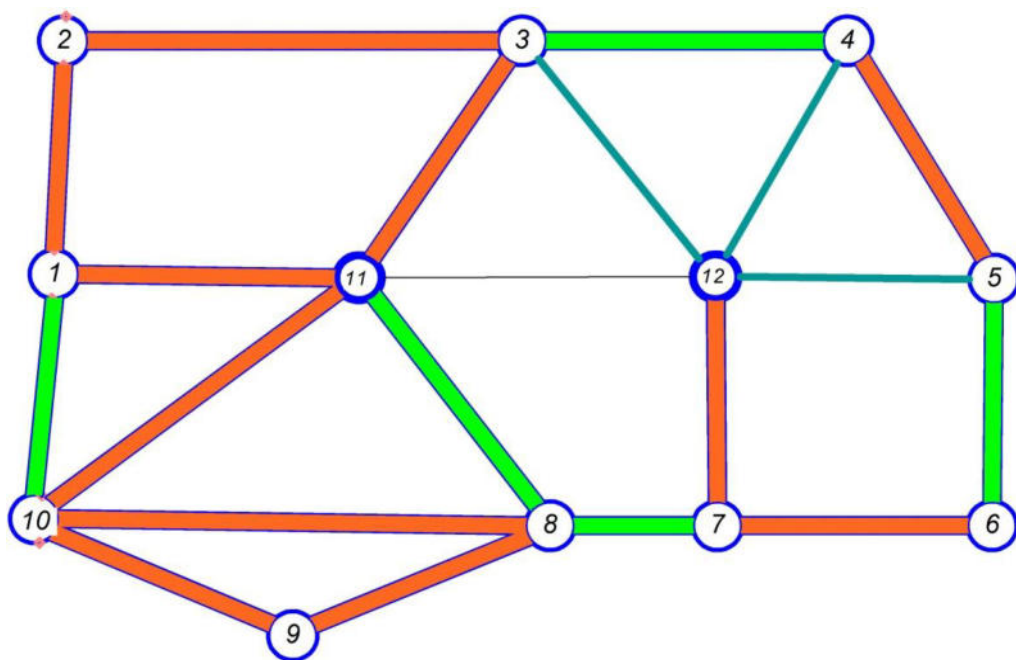


Рисунок 2.3 – Орієнтована кількість маршрутів на ділянках транспортної мережі

Таблиця 2.16 – Матриця безпересаджуваності сполучення для маршруту №1

№ ТР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1						+	+	+		
2										
3										
4										
5										
6	+						+	+		
7	+					+		+		
8	+					+	+			
9										
10										

Для забезпечення відповідності до планової кількості маршрутів, що з'єднують різні райони в міській транспортній мережі, а також для запобігання великому розбіжності у пасажирській ємності автобусів на окремих маршрутах,

планування наступних маршрутів відбувається із відхиленням від критерію вибору шляхів з мінімальною довжиною. Цей підхід дозволяє більш гнучко реагувати на потреби пасажирів та оптимізувати розподіл транспортного навантаження по мережі, забезпечуючи при цьому ефективне покриття транспортних потреб міста без зайвого навантаження на окремі райони або маршрути. Такий підхід сприяє створенню збалансованої та ефективної транспортної системи, яка враховує як економічну ефективність, так і зручність для пасажирів. Маршрут номер 2 пролягає через точки «1-2-3-4-5-6». Дані про забезпечення прямих сполучень без необхідності пересадок для маршрутів №1 та №2 зібрані в таблиці 2.17. Ця інформація є ключовою для оцінки ефективності транспортної мережі, оскільки вона дозволяє аналізувати зручність пересування пасажирів між різними частинами міста. Включення таких даних у планування транспортної мережі сприяє оптимізації маршрутів з метою зменшення часу в дорозі для пасажирів та підвищення загальної привабливості громадського транспорту як альтернативи індивідуальним видам пересування.

Таблиця 2.17 – Матриця прямого з'єднання для маршрутів № 1 та №2

№ ТР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		+					+	+	+	
2	+						+	+	+	
3										
4										
5									+	+
6										
7	+	+						+	+	
8	+	+					+		+	
9	+	+			+		+	+		+
10					+				+	

Маршрут номер 3 пролягає через зупинки «3-12-7-8-9-10», маршрут номер 4 охоплює зупинки «5-6-7-8-9-10», а маршрут номер 5 включає «2-1-10-9-8-7». Таблиця 2.18 містить матрицю, що відображає можливість пересадки без зміни транспорту для маршрутів 3, 4 та 5.

Таблиця 2.18 – Матриця безпересаджуваності сполучення для маршрутів №3, №4, №5, №6

№ ТР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		+	+		+	+				
2	+		+	+	+	+			+	+
3	+	+		+	+	+	+	+	+	+
4		+	+		+		+	+	+	+
5	+	+	+	+		+	+	+	+	+
6	+	+	+		+				+	+
7			+	+	+			+		
8			+	+	+		+			
9		+	+	+	+	+				+
10		+	+	+	+	+			+	

Маршрути, що були сформовані, відображені на рисунку 2.4. Таблиця 2.19 містить матрицю, яка показує можливості пересадок без необхідності зміни транспорту для створеної мережі маршрутів.

Таблиця 2.19 – Матриця безпересаджуваності сполучення пасажирів для сформованої маршрутної мережі міста

№ TP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	+		+	+	+	+	+	+	+	+
3	+	+		+	+	+	+	+	+	+
4	+	+	+		+	+				
5	+	+	+	+		+	+	+	+	+
6	+	+	+	+	+		+	+	+	+
7	+	+	+		+	+		+	+	+
8	+	+	+		+	+	+		+	+
9	+	+	+		+	+	+	+		+
10	+	+	+		+	+	+	+	+	

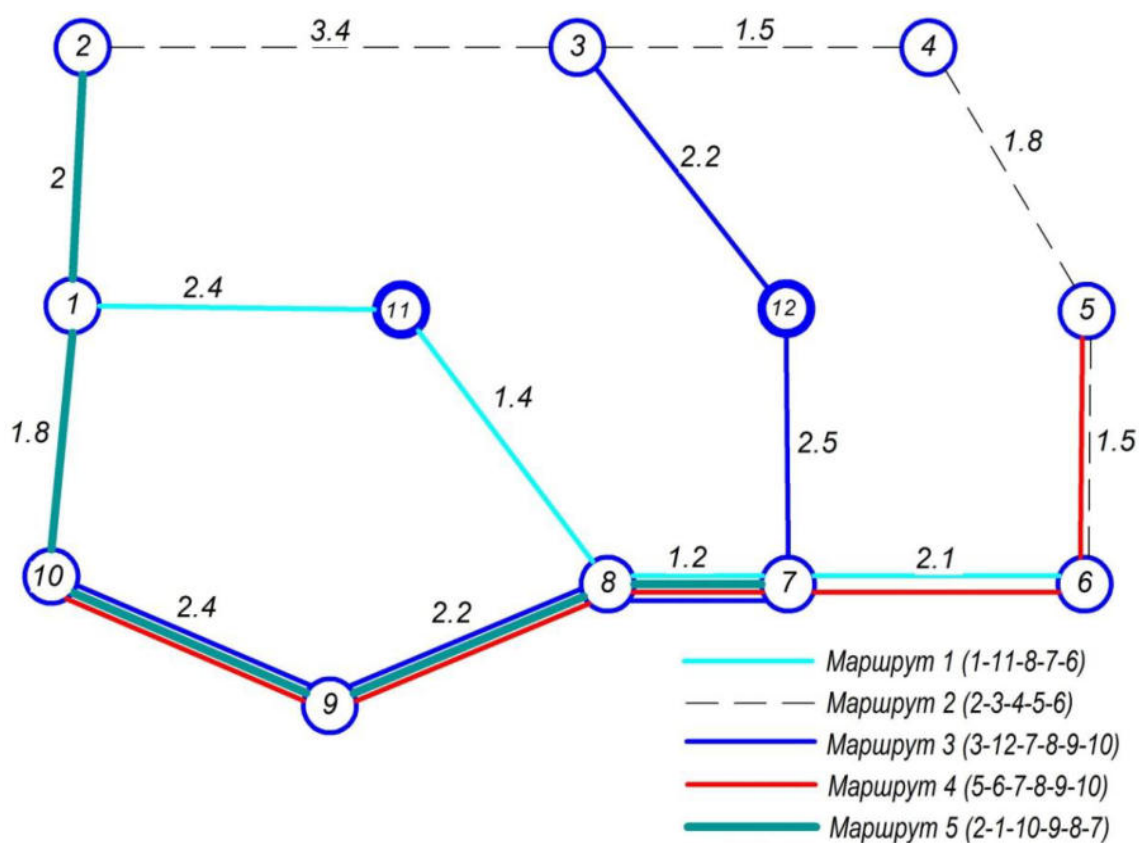


Рисунок 2.4 – Сформована маршрутна мережа міста Тернополя

Після створення мережі маршрутів використовуючи таблицю 1.1 «Розширена матриця мінімальних відстаней», розраховуємо довжину кожного

маршруту як загальну відстань між заданими транспортними зонами. Довжини отриманих маршрутів зазначені у таблиці 2.20.

Таблиця 2.20 – Довжина маршрутів, що були створені в транспортній мережі

Маршрут	Довжина маршруту, км
№1 (1-11-8-7-6)	7,1
№2 (1-2-3-4-5-6)	10,2
№3 (3-12-7-8-9-10)	10,5
№4 (5-6-7-8-9-10)	9,4
№5 (2-1-10-9-8-7)	9,6

На основі розроблених маршрутів визначаємо коефіцієнт пересадки, використовуючи наступну формулу:

$$k_{nep} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n H_{ij} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n H_{ij}^{nep}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n H_{ij}}, \quad (2.19)$$

де $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n H_{ij}$ – загальна кількість пасажирів, що перевозяться між транспортними зонами ($i \neq j$);

$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n H_{ij}^{nep}$ – загальна кількість пасажирів, що здійснюють пересадку при переїзді між транспортними районами.

$$k_{nep} = \frac{15620 + 1360}{15620} = 1,08.$$

2.7 Створення діаграм пасажиропотоків для розроблених маршрутів та визначення показників їх ефективності

Ключовою інформацією для оцінки коефіцієнта ефективності служать діаграми пасажиропотоків, які формуються на основі аналізу міжрайонних кореспонденцій для кожного окремого маршруту. Ця процедура передбачає перерозподіл даних з загальної матриці міжрайонних кореспонденцій по індивідуальним маршрутам, що входять до складу всієї мережі громадського транспорту. Важливим кроком у цьому процесі є створення матриці маршрутних коефіцієнтів, яка відображає кількість маршрутів, здатних забезпечити безпересадкове сполучення між певними зонами міста. Ця матриця стає фундаментом для планування та оптимізації мережі, дозволяючи враховувати потреби пасажирів та ефективність рухомого складу.

Додатково, розробка матриці маршрутних коефіцієнтів сприяє кращому розумінню взаємодії різних частин транспортної мережі, дозволяючи аналітикам виявляти "вузькі місця" та визначати перспективи розвитку громадського транспорту. Це не тільки підвищує загальну ефективність мережі, але й забезпечує більш зручні та привабливі умови для користувачів. Вказана матриця наведена в таблиці 2.21 і є важливим інструментом для планування та аналізу ефективності маршрутів в межах розробленої маршрутної мережі.

Таблиця 2.21 – Матриця коефіцієнтів маршрутизації для створеної мережі маршрутів

№ ТР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	2	1	1	1	2	2	2	1	1
2	2	0	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0
5	1	1	1	1	0	2	1	1	1	1
6	2	1	1	1	2	0	2	2	1	1
7	2	1	1	0	1	2	0	4	3	3
8	2	1	1	0	1	1	4	0	3	3
9	1	1	1	0	1	1	3	3	0	3
10	1	1	1	0	1	1	3	3	3	

Перерозподіл кореспонденцій між районами i та j , через які пролягають вказані маршрути, виконується відповідно до наступної залежності:

$$H_{ij}^* = \frac{H_{ij}}{N_m}; H_{ji}^* = \frac{H_{ji}}{N_m}; \quad (2.20)$$

де H_{ij} , H_{ji} – відповідні компоненти матриці кореспонденцій між районами;

N_m - кількість маршрутів у створеній мережі, які забезпечують сполучення між i -м та j -м транспортними зонами.

Щодо маршруту №1 відбувається реалокція міжрайонних кореспонденцій. В аналогічний спосіб реалізуємо перерозподіл для решти міжрайонних взаємодій, а результати наших обчислень фіксуємо у таблиці 2.22.

Таблиця 2.22 – Матриця кореспонденцій між районами для маршруту номер 1 (1-11-8-7-6)

№ ТР	1	11	8	7	6
1	-	0	104	59	58
11	0	-	0	0	0
8	41	0	-	116	169
7	33	0	10	-	125
6	28	0	100	115	-

Використовуючи матрицю міжрайонних кореспонденцій специфічно для маршруту №1, ми створюємо графік пасажирських потоків. Для цієї мети визначаємо обсяги пасажирських перевезень між кожним відрізком даного маршруту. Цей процес дозволяє нам отримати детальне уявлення про інтенсивність використання кожного сегмента маршруту, що є ключовим для оптимізації роботи громадського транспорту та підвищення його ефективності. Розрахунок пасажиропотоків дає можливість аналізувати потреби в транспортному обслуговуванні на різних ділянках маршруту та адаптувати графіки руху для задоволення цих потреб.

$$\begin{cases} N_{ij} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m H_{ij}^*, \text{ якщо } i \rightarrow j \in H^* \dots \rightarrow i \rightarrow j \rightarrow \dots \\ N_{ji} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m H_{js}^*, \text{ якщо } j \rightarrow i \in H^* \dots \rightarrow j \rightarrow s \rightarrow \dots \end{cases} \quad (2.21)$$

Таким же чином визначаємо пасажирські потоки для інших ділянок. Дані розрахунків зібрані в таблиці 2.23. Графічне зображення пасажиропотоків маршруту номер 1 показано на рисунку 2.5.

Таблиця 2.23 – Пасажиропотоки між перегонами на маршруті №1 (1-2-8-7-6-5)

Перегони	1-11	11-8	8-7	7-6
Прямий напрямок	221	221	402	352
Зворотній напрямок	102	102	171	243

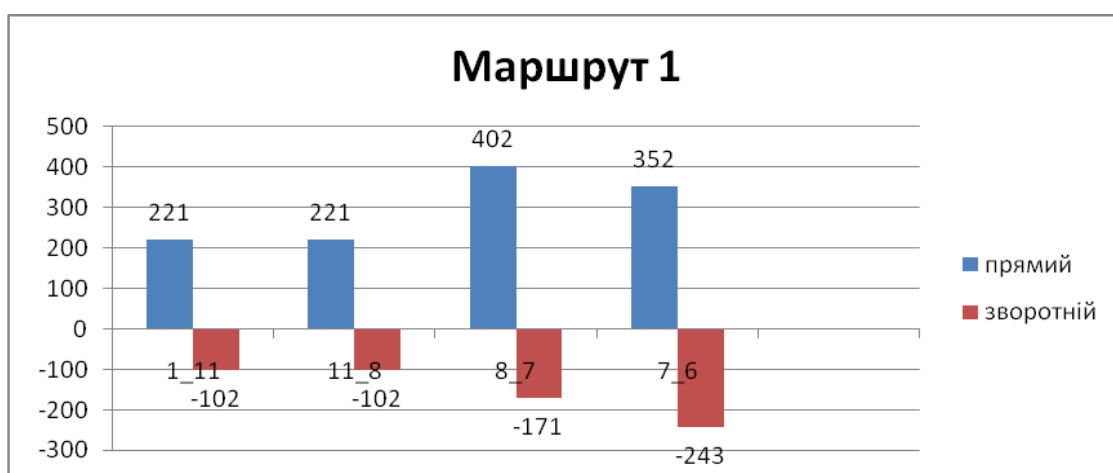


Рисунок 2.5 – Елюра пасажиропотоків на маршруті №1

Коефіцієнт продуктивності обчислюється використовуючи наступну формулу:

$$k_{эф} = \frac{\sum N_{ij} \cdot l_{ij}}{2 \cdot N_{ij}^{\max} \cdot L_m}, \quad (2.22)$$

де $\sum N_{ij}$ – транспортний пасажирський потік між районами i та j у межах маршруту вимірюється в пасажирях;

l_{ij} – відстань між транспортними районами i та j вимірюється в кілометрах;

$N_{ij}^{\max}$ – найвищий обсяг пасажирського потоку на ділянці маршруту з

найбільшим завантаженням (у прямому або оберненому напрямку) вимірюється в пасажирях.

L_m – довжина маршруту, км.

Визначимо коефіцієнт ефективності для маршруту №1:

$$k_{эф} = \frac{3710,4}{5708,4} = 0,65$$

Здійснюємо реалокіацію міжрайонних кореспонденцій для маршруту номер 2. В аналогічний спосіб перерозподіляємо решту міжрайонних кореспонденцій, записуючи результати в таблицю 2.24.

Таблиця 2.24 – Матриця міжрайонних кореспонденцій для маршруту №2 (1-2-3-4-5-6)

№ ТР	1	2	3	4	5	6
1	-	208	183	227	167	58
2	156	-	280	331	182	120
3	69	141	-	488	173	89
4	31	61	178	-	200	84
5	52	74	141	443	-	161
6	28	83	122	315	271	-

Обчислюємо об'єми пасажирських потоків між всіма відрізками маршруту:

$$N_{1-2} = 208 + 183 + 227 + 167 + 58 = 1050 \text{ пас.}$$

$$N_{2-1} = 156 + 69 + 31 + 52 + 28 = 336 \text{ пас.}$$

Подібним чином обчислюємо пасажирські потоки для інших ділянок маршруту. Висновки цих розрахунків зібрані в таблиці 2.25. Графічне зображення пасажиропотоків на маршруті номер 2 відображено на рисунку 2.6.

Таблиця 2.25 – Пасажиропотоки між перегонами на маршруті №2 (4-12-6-7-8-9)

Перегони	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6
Прямий напрямок	1050	154	1835	1073	512
Зворотній напрямок	336	539	770	1258	819

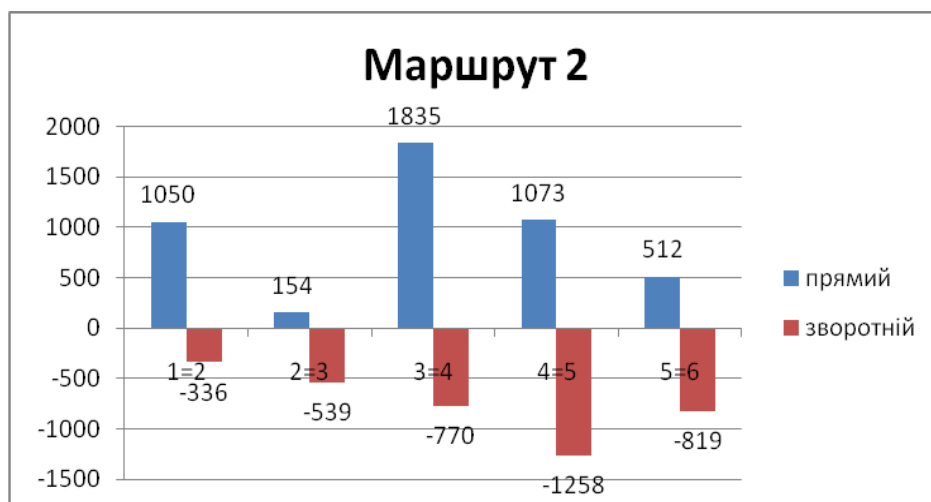


Рисунок 2.6 – Епюра пасажиропотоків на маршруті №2

Визначаємо значення коефіцієнта ефективності для маршруту №2:

$$k_{эф} = \frac{26209,4}{37434} = 0,71$$

Виконуємо розподіл міжрайонних кореспонденцій для маршруту номер 3

$$H_{12-3}^* = \frac{0}{1} = 0 \text{ пас.}$$

$$H_{3-12}^* = \frac{0}{1} = 0 \text{ пас.}$$

Таким же чином виконуємо перерозподіл інших міжрайонних кореспонденцій, а отримані результати вносимо у таблицю 2.26.

Таблиця 2.26 – Матриця міжрайонних кореспонденцій для маршруту №3 (3-12-7-8-9-10)

№ ТР	3	12	7	8	9	10
3	-	0	75	154	157	121
12	0	-	0	0	0	0
7	113	0	-	116	96	32
8	158	0	80	-	139	55
9	166	0	67	143	-	124
10	129	0	29	57	126	-

Виконуємо обчислення обсягів пасажирських перевезень між усіма ділянками маршруту:

$$N_{3-12} = 0 + 75 + 154 + 157 + 121 = 507 \text{ пас.}$$

$$N_{12-3} = 0 + 113 + 158 + 166 + 129 = 566 \text{ пас.}$$

В тому ж порядку визначаємо пасажиропотоки між іншими ділянками. Висновки цих обчислень внесено до таблиці 2.27. Візуалізація пасажиропотоків для маршруту номер 3 показана на рисунку 2.7.

Таблиця 2.27 – Пасажиропотоки між перегонами на маршруті №3 (3-12-7-8-9-10)

Перегони	3-12	12-7	7-8	8-9	9-10
Прямий напрямок	507	507	676	600	332
Зворотній напрямок	566	566	629	691	341

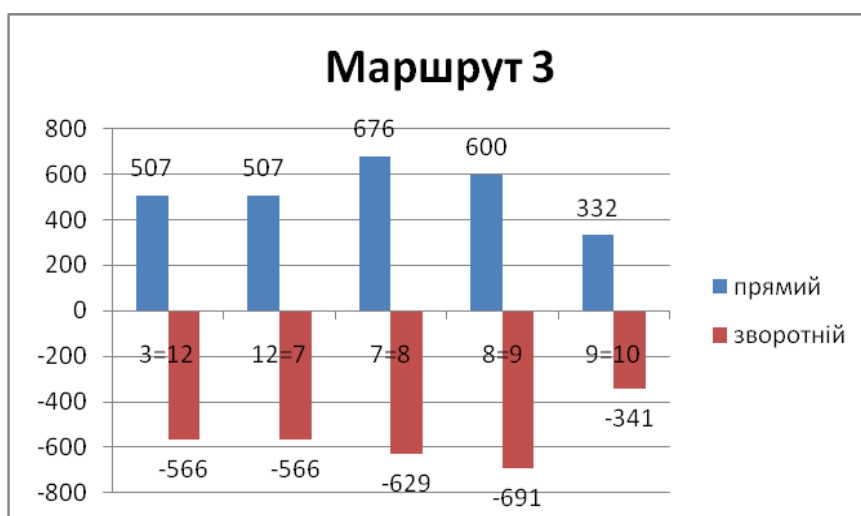


Рисунок 2.7 – Епюра пасажиропотоків на маршруті №3

Визначаємо числове значення коефіцієнта ефективності для маршруту №3:

$$k_{\text{эф}} = \frac{10788,9}{14196} = 0,76$$

Здійснюємо реалокацію міжрайонних кореспонденцій для маршруту номер 4

$$H_{5-6}^* = \frac{322}{2} = 162 \text{ нас.}$$

$$H_{6-5}^* = \frac{542}{2} = 271 \text{ нас.}$$

Також здійснюємо перерозподіл для решти міжрайонних кореспонденцій, а результати наших розрахунків фіксуємо у таблиці 2.28.

Таблиця 2.28 – Матриця міжрайонних кореспонденцій для маршруту №4 (5-6-7-8-9-10)

№ ТР	5	6	7	8	9	10
5	-	162	101	107	127	88
6	271	-	229	200	212	95
7	186	125	-	116	96	32
8	135	149	80	-	139	55
9	164	163	67	143	-	124
10	115	74	29	57	126	-

Визначаємо розмір пасажирських потоків між кожною ділянкою маршруту:

$$N_{5-6} = 162 + 101 + 107 + 127 + 88 = 585 \text{ пас.}$$

$$N_{6-5} = 271 + 186 + 135 + 164 + 115 = 871 \text{ пас.}$$

В аналогічний спосіб визначаємо пасажиропотоки для інших ділянок. Дані обчислень зведені в таблицю 2.29. Діаграма пасажиропотоків маршруту номер 4 відображена на рисунку 2.8.

Таблиця 2.29 – Пасажиропотоки між перегонами на маршруті №4 (5-6-7-8-9-10)

Перегони	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10
Прямий напрямок	585	1159	1073	844	394
Зворотній напрямок	871	1111	976	812	401

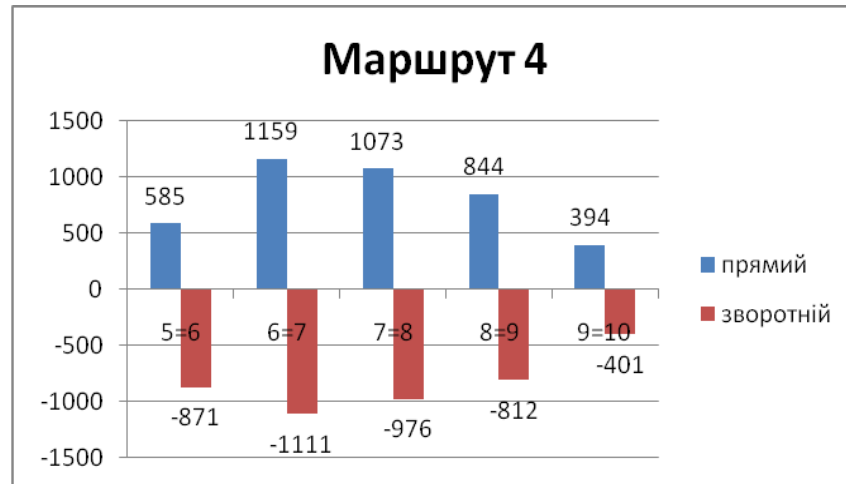


Рисунок 2.8 – Епюра пасажиропотоків на маршруті №4

Визначаємо числове значення коефіцієнта ефективності для маршруту №4:

$$k_{эф} = \frac{15034,5}{21789,2} = 0,69$$

Здійснюємо реалокацію міжрайонних кореспонденцій маршруту номер 5. Такий же перерозподіл виконуємо для решти міжрайонних кореспонденцій, а отримані результати розрахунків вносимо до таблиці 2.30.

Таблиця 2.30 – Матриця міжрайонних кореспонденцій для маршруту №5 (2-1-10-9-8-7)

№ ТР	2	1	10	9	8	7
2	-	156	261	297	147	92
1	208	-	419	325	104	59
10	140	170	-	126	57	29
9	158	130	124	-	143	67
8	76	41	55	139	-	80
7	70	66	32	96	116	-

Обчислюємо обсяги пасажирського трафіку між усіма ділянками маршруту:

$$N_{2-1} = 156 + 261 + 297 + 147 + 92 = 797 \text{ пас.}$$

$$N_{1-2} = 208 + 140 + 158 + 76 + 70 = 652 \text{ пас.}$$

Так само виконуємо обчислення пасажиропотоків для інших ділянок маршруту. Результати цих обчислень зібрані в таблиці 2.31. Графічне зображення пасажиропотоків на маршруті номер 5 представлено на рисунку 2.9.

Таблиця 2.31 – Значення пасажиропотоків між вітками мережі на маршруті №5 (2-1-10-9-8-7)

Перегони	2-1	1-10	10-9	9-8	9-8
Прямий напрямок	797	1704	1236	698	327
Зворотній напрямок	652	851	752	575	380

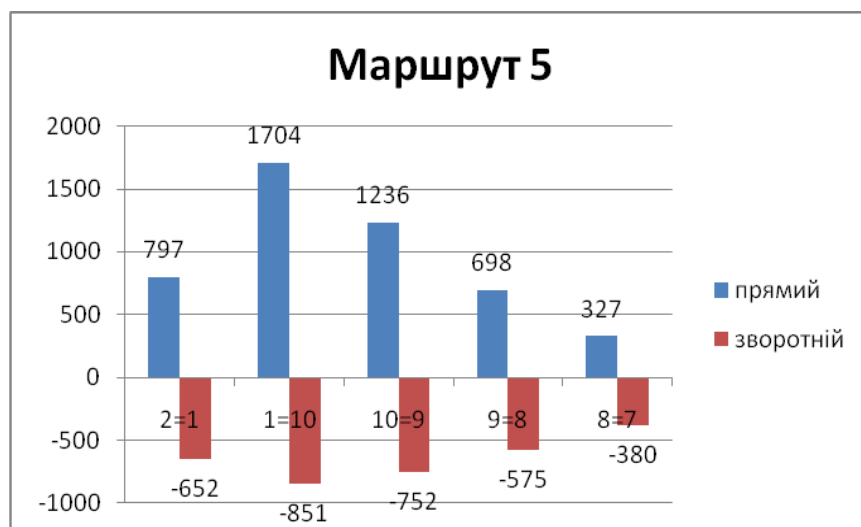


Рисунок 2.9 – Епюра пасажиропотоків на маршруті №5

Визначаємо значення коефіцієнта ефективності для маршруту №5:

$$k_{эф} = \frac{23556}{32716,8} = 0,72$$

Дані про коефіцієнти продуктивності для кожного маршруту викладені у таблиці 2.32.

Таблиця 2.32 – Розрахункові значення коефіцієнтів ефективності по маршрутах

Маршрути	№1	№2	№3	№4	№5
Коефіцієнт ефективності	0,65	0,71	0,76	0,69	0,72

Розрахункові показники продуктивності, визначені для побудованих маршрутів, обмежуються виключно сполученнями без пересадок між транспортними зонами. Проте, відповідно до таблиці пересадок для маршрутної мережі (таблиця 2.18), існують райони в транспортній системі міста, які не мають прямих маршрутних зв'язків між собою.

Таблиця 2.33 – Перерозподіл неврахованих у створеній транспортній мережі кореспонденцій між різними маршрутами

№	Перегони	1-11	11-	8-7	7-6	
1	2	3	4	5	6	7
Маршрут №1	Пасажирипотік у прямому напрямку	0	0	115	335	
	Пасажирипотік у зворотному напрямку	0	0	41	107	

1	2	3	4	5	6	7
Маршрут №2	Перегони	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6
	Пасажиропотік у прямому напрямку	0	0	0	213	107
	Пасажиропотік у зворотному напрямку	0	0	0	669	335
Маршрут №3	Перегони	3-12	12-7	7-8	8-9	9-10
	Пасажиропотік у прямому напрямку	0	0	41	34	33
	Пасажиропотік у зворотному напрямку	0	0	185	9	12
Маршрут №4	Перегони	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10
	Пасажиропотік у прямому напрямку	107	107	41	34	12
	Пасажиропотік у зворотному напрямку	335	335	115	98	33
Маршрут №5	Перегони	2-1	1-10	10-9	9-8	8-7
	Пасажиропотік у прямому напрямку	0	0	33	98	153
	Пасажиропотік у зворотному напрямку	0	0	12	34	54

До таких районів належать:

- між 4 та 7 (з пасажирським потоком 52 особи) та з 7 по 4 (з пасажирським потоком 211 осіб);
- між 4 та 8 (з пасажирським потоком 59 осіб) та з 8 по 4 (з пасажирським потоком 165 осіб);
- між 4 та 9 (з пасажирським потоком 68 осіб) та з 9 по 4 (з пасажирським потоком 195 осіб);

- між 4 та 10 (з пасажирським потоком 34 особи) та з 10 по 4 (з пасажирським потоком 98 осіб).

Побудовані маршрути не охоплюють перевезення 882 пасажирів, які також потребують транспортного обслуговування.

Відповідно, необхідно доповнити ці маршрути шляхом включення відповідних пар кореспонденцій.

Організація зв'язків між потрібними транспортними зонами має бути здійснена таким чином, щоб пасажирів могли здійснювати поїздки з мінімальною кількістю пересадок.

Графічне зображення пасажиропотоків, що не були враховані у створеній мережі, наведено на рисунку 2.33.

Оскільки до складених маршрутів були додані раніше не враховані пари кореспонденцій, це призведе до зміни графіків пасажиропотоків на зазначених маршрутах. У таблиці 2.34 наведено оновлений розподіл міжрайонних кореспонденцій для маршруту №1.

Таблиця 2.34 – Доповнена матриця міжрайонних кореспонденцій для маршруту №1 (1-11-8-7-6)

№ ТР	1	11	8	7	6
1	-	0	104	59	58
11	0	-	0	0	0
8	41	0	-	231	169
7	33	0	51	-	460
6	28	0	100	222	-

Використовуючи матрицю міжрайонних кореспонденцій для маршруту №1, ми створюємо графік пасажиропотоків. Для цієї мети обчислюємо пасажиропотоки між кожним відрізком маршруту, слідуючи формулою (2.21).

$$N_{1-11} = 0 + 104 + 59 + 58 = 221 \text{ пас.}$$

$$N_{11-1} = 0 + 41 + 33 + 28 = 102 \text{ пас.}$$

Так само визначаємо пасажиропотоки для інших відрізків маршруту. Результати обчислень відображені у таблиці 2.35. Оновлений графік пасажиропотоків для маршруту №1 показаний на рисунку 2.10.

Таблиця 2.35 – Пасажиропотоки між перегонами на маршруті №1 (1-2-8-7-6-5)

Перегони	1-11	11-8	8-7	7-6
Прямий напрямок	221	221	517	687
Зворотній напрямок	102	102	212	350

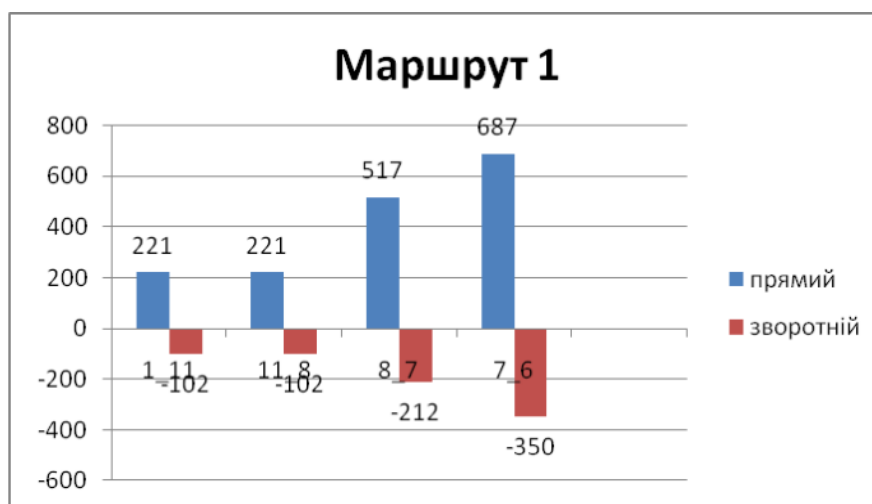


Рисунок 2.10 – Доповнена епіюра пасажиропотоків на маршруті №1

Визначаємо числове значення коефіцієнта ефективності для маршруту №1:

$$k_{эф} = \frac{6243,4}{9755,4} = 0,64.$$

У таблиці 2.36 наведено оновлений розподіл міжрайонних кореспонденцій для маршруту №2.

Таблиця 2.36 – Доповнена матриця міжрайонних кореспонденцій для маршруту №2 (1-2-3-4-5-6)

№ ТР	1	2	3	4	5	6
1	-	415	183	227	167	58
2	156	-	280	331	182	120
3	69	141	-	488	173	89
4	31	61	178	-	413	84
5	52	74	141	1112	-	268
6	28	83	122	315	606	-

Виходячи з матриці міжрайонних кореспонденцій маршруту №2, формуємо графік пасажиропотоків. Обчислюємо пасажиропотоки для кожного відрізка маршруту, використовуючи формулу (2.21).

$$N_{1-2} = 415 + 183 + 227 + 167 + 58 = 1050 \text{ пас.}$$

$$N_{2-1} = 156 + 69 + 31 + 52 + 28 = 336 \text{ пас.}$$

Також проводимо розрахунки пасажиропотоків для решти ділянок маршруту. Результати цих обчислень зібрані у таблиці 2.37.

Оновлений графік пасажиропотоків для маршруту №2 зображено на рисунку 2.11.

Таблиця 2.37 – Пасажиропотоки між перегонами на маршруті №2 (1-2-3-

4-5-6)

Перегони	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6
Прямий напрямок	1050	1548	1835	1286	619
Зворотній напрямок	336	539	770	1927	1154

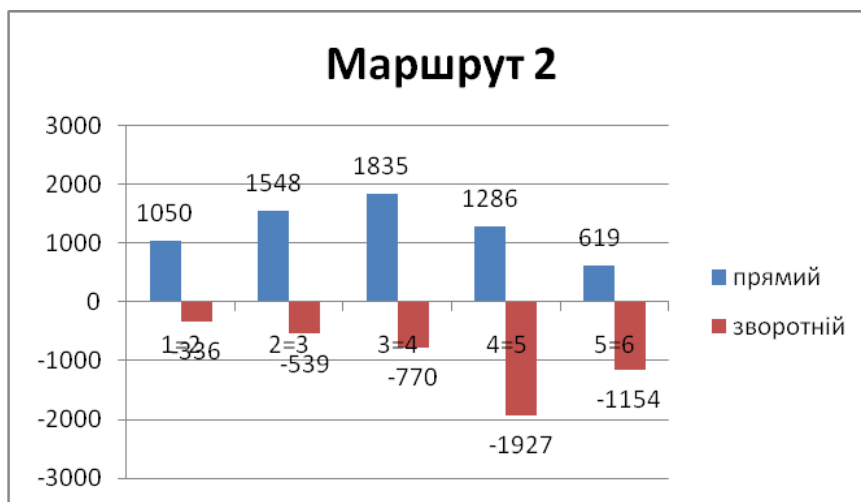


Рисунок 2.11 – Доповнена епюра пасажиропотоків на маршруті №2

Визначаємо числове значення коефіцієнта ефективності для маршруту №2:

$$k_{\text{эф}} = \frac{10769,2}{17094} = 0,63.$$

У таблиці 2.38 наведено оновлену інформацію про розподіл міжрайонних кореспонденцій для маршруту №3.

Засновуючись на матриці міжрайонних кореспонденцій маршруту №3, створюємо діаграму пасажиропотоків. Обчислюємо пасажиропотоки для кожного відрізка маршруту відповідно до формули (2.11).

Таблиця 2.38 – Доповнена матриця міжрайонних кореспонденцій для маршруту №3 (3-12-7-8-9-10)

№ ТР	3	12	7	8	9	10
3	-	0	75	154	157	121
12	0	-	0	0	0	0
7	113	0	-	157	96	32
8	158	0	265	-	173	55
9	166	0	67	241	-	157
10	129	0	29	57	138	-

$$N_{3-12} = 0 + 75 + 154 + 157 + 121 = 507 \text{ пас.}$$

$$N_{12-3} = 0 + 113 + 158 + 166 + 129 = 566 \text{ пас.}$$

Так само визначаємо пасажиропотоки для решти ділянок. Обчислення відображені в таблиці 2.39. Оновлений графік пасажиропотоків для маршруту №3 зображено на рисунку 2.12.

Таблиця 2.39 – Пасажиропотоки між перегонами на маршруті №3 (3-12-7-8-9-10)

Перегони	3-12	12-7	7-8	8-9	9-10
Прямий напрямок	507	507	717	634	365
Зворотній напрямок	566	566	814	689	353

Визначаємо числове значення коефіцієнта ефективності для маршруту №3:

$$k_{\phi} = \frac{6112,9}{9979,2} = 0,61$$

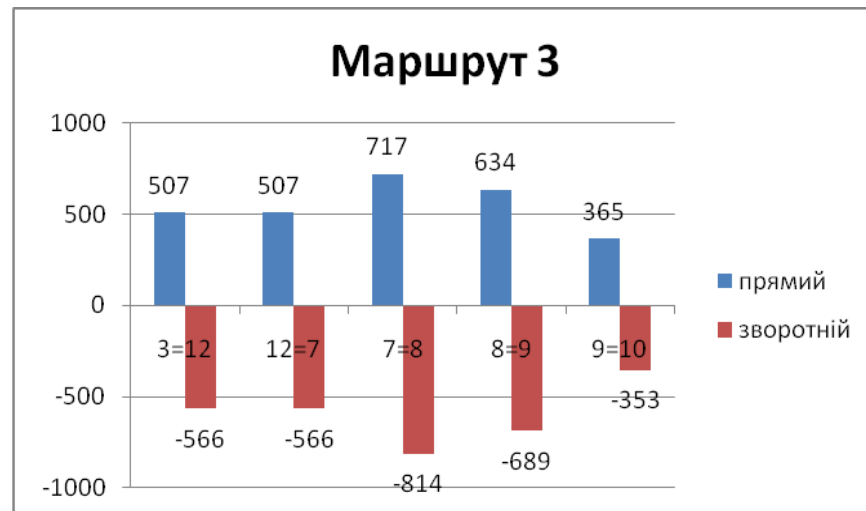


Рисунок 2.12 – Доповнена епюра пасажиропотоків на маршруті №3

У таблиці 2.40 наведено оновлений розподіл міжрайонних кореспонденцій для маршруту №4.

Таблиця 2.40 – Доповнена матриця міжрайонних кореспонденцій для маршруту №4 (5-6-7-8-9-10)

№ ТР	5	6	7	8	9	10
5	-	269	101	107	127	88
6	606	-	336	200	212	95
7	186	460	-	157	96	32
8	135	149	195	-	173	55
9	164	163	67	241	-	136
10	115	74	29	57	159	-

Опираючись на матрицю міжрайонних кореспонденцій маршруту №4, формуємо діаграму пасажиропотоків. Розрахунки пасажиропотоків для кожної ділянки маршруту проводимо згідно із залежністю (2.11).

$$N_{5-6} = 269 + 101 + 107 + 127 + 88 = 692 \text{ пас.}$$

$$N_{6-5} = 606 + 186 + 135 + 164 + 115 = 1206 \text{ пас.}$$

Так само ведемо обчислення пасажиропотоків для інших ділянок маршрутів. Деталі цих розрахунків можна знайти в таблиці 2.41. Розширена діаграма пасажиропотоків для маршруту №4 відображена на рисунку 2.13.

Таблиця 2.41 – Пасажиропотоки між перегонами на маршруті №4 (5-6-7-8-9-10)

Перегони	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10
Прямий напрямок	692	1066	1114	878	406
Зворотній напрямок	1206	1446	1091	880	434

Визначаємо числове значення коефіцієнта ефективності для маршруту №4:

$$k_{\text{эф}} = \frac{16854,5}{27184,8} = 0,62$$

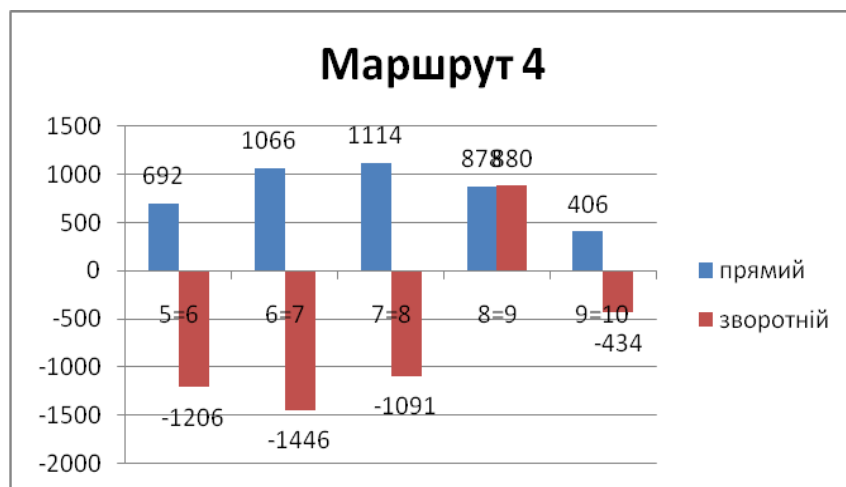


Рисунок 2.13 – Доповнена епіюра пасажиропотоків на маршруті №4

У таблиці 2.42 викладено оновлені дані про розподіл міжрайонних кореспонденцій для маршруту №5.

Таблиця 2.42 – Доповнена матриця міжрайонних кореспонденцій для маршруту №5 (2-1-10-9-8-7)

№ ТР	2	1	10	9	8	7
2	-	156	261	297	147	92
1	208	-	419	325	104	59
10	140	170	-	159	57	29
9	158	130	136	-	241	67
8	76	41	55	173	-	233
7	70	66	32	96	170	-

Використовуючи матрицю міжрайонних кореспонденцій для маршруту №5, створюємо графік пасажиропотоків. Розрахунок пасажиропотоків для кожного сегмента маршруту виконуємо відповідно до формули (2.11).

$$N_{2-1} = 156 + 261 + 297 + 147 + 92 = 953 \text{ пас.}$$

$$N_{1-2} = 208 + 140 + 158 + 76 + 70 = 652 \text{ пас.}$$

В аналогічний спосіб визначаємо пасажиропотоки для інших відрізків маршруту. Дані обчислень вміщено в таблиці 2.43.

Оновлена діаграма пасажиропотоків для маршруту №5 показана на рисунку 2.14.

Таблиця 2.43 – Пасажиропотоки між перегонами на маршруті №5 (2-1-10-9-8-7)

Перегони	2-1	1-10	10-9	9-8	9-8
Прямий напрямок	953	1704	1269	796	480
Зворотній напрямок	652	851	764	609	434

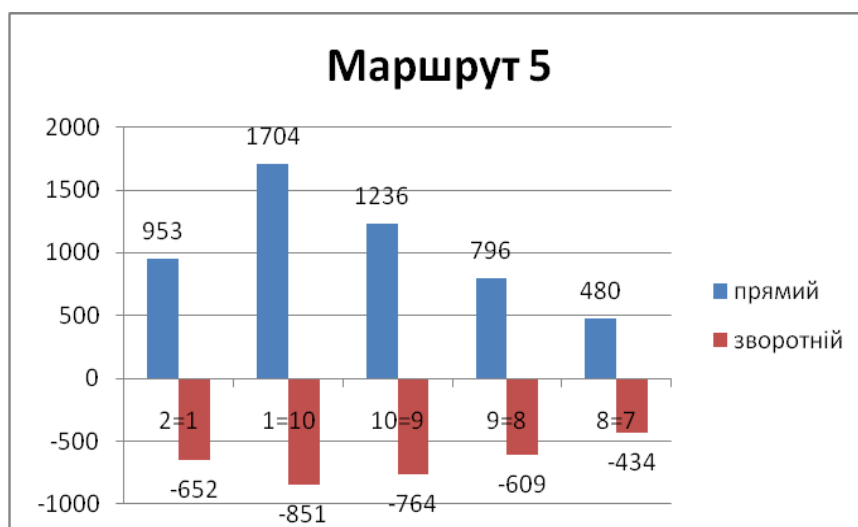


Рисунок 2.14 – Доповнена епюра пасажиропотоків на маршруті №5

Визначаємо числове значення коефіцієнта ефективності на маршруті №5:

$$k_{\text{эф}} = \frac{20611,5}{32716,8} = 0,62$$

Після додаткового врахування пар кореспонденцій, які не були раніше включені у розрахунки, показники ефективності для маршрутів №1, №2, №3, №4 та №5 знизилися. Це зумовлено наявністю значної кількості пасажирів на цих маршрутах, яким необхідно використовувати кілька маршрутів для переміщення між різними транспортними зонами. Така ситуація призводить до збільшення кількості пересадок і, як наслідок, до зростання коефіцієнта пересадочності.

Дані про змінені коефіцієнти ефективності для кожного маршруту можна знайти в таблиці 2.44.

Таблиця 2.44 – Числові значення коефіцієнтів ефективності для маршрутів

Маршрути	№1	№2	№3	№4	№5	№6
Коефіцієнт ефективності до дозавантаження маршрутів	0,64	0,54	0,82	0,77	0,8	0,82
Коефіцієнт ефективності після дозавантаження маршрутів	0,58	0,44	0,56	0,88	0,62	0,85

2.8. Підбір транспортних засобів для перевезення пасажирів

У рамках дипломної роботи визначення оптимальної пасажиромісткості автобусів проводиться за двома методиками:

1. На основі оптимального інтервалу руху під час пікових годин.
2. Враховуючи зв'язок між місткістю автобуса і інтенсивністю пасажиропотоку.

Для визначення оптимальної пасажиромісткості автобусів використовуємо підхід, заснований на аналізі інтервалів руху у пікові години, що дозволяє адаптувати транспортні засоби до змін у пасажиропотоці та забезпечити ефективне обслуговування маршрутів. Цей підхід допомагає уникнути перевантаження автобусів у години найвищого попиту та сприяє підвищенню комфорту пасажирів. Окрім цього, аналіз залежності місткості від пасажиропотоку дозволяє гнучко підходити до планування рухомого складу, виходячи з реальних потреб маршруту та забезпечує економічну ефективність використання автобусів.

$$q_n = \frac{N_{ij}^{\max} \cdot I^{\text{доц}}}{60} \quad (2.23)$$

де $I^{доц}$ – Оптимальний часовий проміжок руху в години пікового навантаження ($I^{доц}=3...5$ хв.). У розрахунках використовуємо середній показник $I^{доц} = 4$ хв.

Оскільки визначення оптимальної пасажиромісткості автобуса базується на розрахунках, що виражаються через відношення, отриманий результат може мати дробове значення. Однак, в практичному аспекті, пасажиромісткість має бути виражена цілим числом, тому необхідно округлити розрахункові дані до найближчого цілого. Для забезпечення додаткового простору та урахування можливого збільшення пасажиропотоку, що може перевищити попередні оцінки, це округлення проводиться в бік збільшення. Такий підхід дозволяє створити запас пасажиромісць, що є особливо важливим у години пік або під час проведення масових заходів, коли попит на громадський транспорт значно зростає. Таким чином, застосування цієї методики не тільки забезпечує ефективність планування місткості автобусів, але й гарантує високий рівень задоволення потреб пасажирів.

Оптимальна встановлена пасажиромісткість автобуса для маршруту №1:

$$q_n^{№1} = \frac{687 \cdot 4}{60} = 45,8 \text{ пас.}$$

Приймаємо значення $q_n^{№1} = 46$ пасажирів.

Оптимальне число пасажирських місць у автобусі для маршруту №2:

$$q_n^{№2} = \frac{1927 \cdot 4}{60} = 128,47 \text{ пас.}$$

Приймаємо значення $q_n^{№2} = 129$ пасажирів.

Оптимальна номінальна кількість місць для пасажирів в автобусі на маршруті №3:

$$q_n^{№3} = \frac{814 \cdot 4}{60} = 54,2 \text{ пас.}$$

Приймаємо значення $q_n^{№3} = 55$ пасажирів.

Оптимальна кількість місць для пасажирів у автобусі для маршруту №4:

$$q_n^{№4} = \frac{1446 \cdot 4}{60} = 96,4 \text{ пас.}$$

Приймаємо значення $q_n^{№4} = 97$ пасажирів.

Оптимальна кількість місць для перевезення пасажирів автобусом на маршруті №5:

$$q_n^{№4} = \frac{1446 \cdot 4}{60} = 96,4 \text{ пас.}$$

Приймаємо значення $q_n^{№4} = 97$ пасажирів.

Оптимальна номінальна вмістимість пасажирів для автобуса на маршруті №6:

$$q_n^{№5} = \frac{1704 \cdot 4}{60} = 113,6 \text{ пас.}$$

Приймаємо значення $q_n^{№6} = 114$ пасажирів.

Отримані дані про оптимальну номінальну місткість автобусів визначаються максимальним обсягом пасажиропотоку на маршруті та частотою руху автобусів ($I^{доц} = 4$ хвилини). Однак в реальних умовах на частоту руху впливають такі аспекти, як дорожні умови (затори, якість доріг), метеорологічні умови (льодяники, туман) та інші фактори. Враховуючи це, ми здійснимо подібні обчислення оптимальної номінальної місткості для автобусів з інтервалом руху в $I^{доц} = 8$ хвилин.

Оптимальна кількість пасажирських місць в автобусі для маршруту №1:

$$q_n^{\text{№1}} = \frac{687 \cdot 8}{60} = 91,6 \text{ пасажирів.}$$

Приймаємо значення $q_n^{\text{№1}} = 92$ пасажирів.

Оптимальна номінальна місткість для перевезення пасажирів автобусом на маршруті №2:

$$q_n^{\text{№2}} = \frac{1927 \cdot 8}{60} = 256,9 \text{ пас.}$$

Приймаємо значення $q_n^{\text{№2}} = 257$ пасажирів.

Оптимальна номінальна кількість пасажирів, яку може перевезти автобус на маршруті №3:

$$q_n^{\text{№3}} = \frac{814 \cdot 8}{60} = 108,5 \text{ пасажирів.}$$

Приймаємо значення $q_n^{\text{№3}} = 109$ пасажирів.

Оптимальна стандартна вантажопідйомність автобуса для лінії №4:

$$q_n^{\text{№4}} = \frac{1446 \cdot 8}{60} = 192,8 \text{ пас.}$$

Приймаємо значення $q_n^{\text{№4}} = 193$ пасажирів.

Оптимальна номінальна вмістимість пасажирів автобуса для маршруту номер 5:

$$q_n^{\text{№5}} = \frac{1704 \cdot 8}{60} = 227,2 \text{ пасажирів}$$

Приймаємо значення $q_n^{\text{№4}} = 228$ пасажирів.

Значення оптимальної номінальної вмістимості пасажирів автобусів викладені в таблиці 2.45.

Таблиця 2.45 – Раціональна номінальна пасажиромісткість автобусів

Маршрути	1	2	3	4	5	6
Пасажиромісткість автобуса при інтервалі руху $I^{\partial o u}=4$ хв., пас.	46	129	55	97	114	46
Пасажиромісткість автобуса при інтервалі руху $I^{\partial o u}=8$ хв., пас.	92	257	109	193	228	92

Кореляція пасажиромісткості автобусів із обсягом пасажиропотоку.

На основі аналізу пасажиропотоку на найбільш навантаженій ділянці маршруту (в обох напрямках) визначаємо підходящий транспортний засіб для кожного маршруту таким чином, щоб його місткість відповідала вимогам до перевезень (див. таблицю 3.31).

Таблиця 2.46 – Залежність місткості автобуса від потужності пасажиропотоку

Максимальний пасажиропотік у годину «пік» в одному напрямку, пас.	Місткість автобуса, пас.
до 300	18...30
300...500	30...50
500...1000	50...80
1000...1800	80...100
1800...2600	100...120
2600...3800	120...160

В таблиці 2.46 наведено спектр значень для максимального пасажиропотоку та вмістимості автобусів. Щоб визначити підходящий транспортний засіб, потрібно встановити точну вмістимість автобуса, тому ми

адаптуємо ці параметри за допомогою методу інтерполяції, виходячи з наступної залежності:

$$q_n^{N\&M} = q_{\min} + \frac{(Q_{\max}^{N\&M} - Q_{\min}) \cdot (q_{\max} - q_{\min})}{Q_{\max} - Q_{\min}} \quad (2.24)$$

де $q_n^{N\&M}$ – вмістимість автобуса, яку потрібно визначити для конкретного маршруту, пасажирів;

$Q_{\max}^{N\&M}$ – найвищий обсяг пасажирського трафіку на даному маршруті, пасажирів;

$q_{\max}$, $q_{\min}$ – згідно з таблицею, максимальна та мінімальна вмістимість автобуса, пасажирів.;

$Q_{\max}$, $Q_{\min}$ – згідно з даними таблиці, найвищий та найнижчий обсяг пасажирського потоку в годину пік в одному напрямку, пасажирів.

Округлюємо пасажиромісткість автобусів до найближчого цілого числа, вибираючи більше значення для створення запасу місць. Це необхідно, оскільки реальні показники пасажиропотоку можуть перевищувати попередні розрахунки.

Пасажиромісткість автобуса для маршруту №1 становить:

$$q_n^{N\&1} = 50 + \frac{(687 - 500) \cdot (80 - 50)}{1000 - 500} = 61,2 \text{ пас.}$$

Приймаємо значення $q_n^{N\&1} = 62$ пасажирів.

Визначаємо місткість автобуса для перевезення пасажирів по маршруту №2:

$$q_n^{N\&2} = 100 + \frac{(1835 - 1800) \cdot (120 - 100)}{2600 - 1800} = 100,8 \text{ пас.}$$

Приймаємо числове значення $q_n^{№2} = 101$ пасажирів.

Визначаємо місткість автобуса для перевезення пасажирів по маршруту №3:

$$q_n^{№3} = 50 + \frac{(814 - 500) \cdot (80 - 50)}{1000 - 500} = 68,8 \text{ пас.}$$

Приймаємо числове значення $q_n^{№3} = 69$ пасажирів.

Визначаємо місткість автобуса для перевезення пасажирів по маршруту №4:

$$q_n^{№4} = 80 + \frac{(1446 - 1000) \cdot (100 - 80)}{1800 - 1000} = 91,15 \text{ пас.}$$

Приймаємо числове значення $q_n^{№4} = 92$ пасажирів.

Визначаємо місткість автобуса для перевезення пасажирів по маршруту №5:

$$q_n^{№5} = 80 + \frac{(1704 - 1000) \cdot (100 - 80)}{1800 - 1000} = 97,6 \text{ пас.}$$

Приймаємо $q_n^{№5} = 95$ пасажирів.

Визначені значення оптимальної пасажиромісткості автобусів, засновані на рекомендованих інтервалах руху, вимагають утримання незмінного часового проміжку між рейсами, що на практиці часто виявляється нереалізованим. Цей підхід не лише потребує значного парку транспортних засобів, але й призводить до високих витрат для автотранспортних підприємств, які обслуговують ці маршрути. У світлі цих викликів, важливо розглянути альтернативний метод розрахунку, який би краще відображав реальні умови експлуатації. Один з таких методів – це визначення пасажиромісткості автобусів на основі аналізу потужності пасажиропотоку. Цей метод дозволяє

адаптувати місткість автобусів до фактичних потреб пасажирів, оптимізувати використання рухомого складу та зменшити експлуатаційні витрати, забезпечуючи при цьому ефективне та гнучке обслуговування маршрутів. Вибір цього підходу для подальших розрахунків дозволить досягти більшої економічної ефективності та задовольнити потреби міського пасажирського транспорту з урахуванням реальних умов експлуатації.

Один з ключових критеріїв при виборі транспортних засобів для експлуатації на міських маршрутах - це їх уніфікація. В ідеальному випадку, всі автобуси, що обслуговують певний маршрут, повинні бути вироблені одним виробником і належати до однієї модельної лінійки. Така однотипність має ряд переваг: вона спрощує процес закупівлі нових автобусів, а також значно полегшує їхнє технічне обслуговування та ремонт, оскільки знижується різноманітність запчастин та обладнання, необхідного для їх підтримки в робочому стані. Додатково, уніфікація транспортного складу може підвищити його надійність та продуктивність, оскільки механіки та технічний персонал стають більш досвідченими у роботі з конкретним типом транспортних засобів. Врешті-решт, такий підхід сприяє підвищенню якості обслуговування пасажирів та забезпеченню більш ефективного та економічно вигідного громадського транспорту.

У процесі реалізації курсової роботи ми вибрали для використання автобус марки "Богдан", що виготовляється в Україні компанією "Богдан Моторс". На основі аналізу потреб маршрутів у пасажиромісткості, для кожного з них було обрано підходящу модель автобуса "Богдан":

- для маршруту №1 – визначено автобус моделі Богдан А-145;
- для маршруту №2 – встановлено автобус моделі Богдан А-701;
- для маршруту №3 – обрано автобус моделі Богдан А-145;
- для маршруту №4 – призначено автобус моделі Богдан А-601;
- для маршруту №5 – вибрано автобус моделі Богдан А-601.

2.9. Визначення ключових техніко-експлуатаційних показників для автобусів

Обчислюємо технічні та експлуатаційні характеристики автобусів для відібраних маршрутів. Починаємо аналіз із маршруту №1, визначаючи його довжину в кілометрах:

$$L_M = \sum_{i=1}^n l_{ij} \quad (2.25)$$

де l_i – довжина i -ї вітки транспортної мережі, км;

n – к-ть віток транспортної мережі.

$$L_M = 2,4 + 1,4 + 1,2 + 2,1 = 7,1 \text{ км.}$$

Час обороту транспортного засобу на маршруті визначаємо за формулою, хв.:

$$t_{об} = 2 \cdot t_{рейс}, \quad (2.26)$$

де $t_{рейс}$ – час знаходження транспортного засобу в рейсі, хв:

$$t_{рейс} = \frac{60 \cdot L_M}{V_m} + \frac{n_{зуп} \cdot t_{н.з.}}{60} + t_{к.з.} \quad (2.27)$$

де V_m – технічна швидкість транспортного засобу (автобуса), км/год.;

$t_{н.з.}$ – час простою автобуса на проміжних зупинках, сек.;

$t_{к.з.}$ – час простою автобуса на кінцевій зупинці, хв.;

$n_{зуп}$ – кількість зупинок автобуса на маршруті, од.

Визначаємо технічну швидкість транспортних засобів (автобусів) за

формулою:

$$V_m = 20 + N_{ост}, \quad (2.28)$$

де $N_{ост}$ - випадкове значення параметра, $N_{ост} = 6$.

$$V_m = 20 + 6 = 26 \text{ км/год}$$

Час зупинки на проміжних станціях визначаємо відповідно до наступної залежності:

$$t_{п.з.} = 30 + 5 \cdot N_{ост} \quad (2.29)$$

$$t_{п.з.} = 30 + 5 \cdot 6 = 60 \text{ сек.}$$

Час затримки на кінцевій станції встановлюємо виходячи з наступної залежності:

$$t_{к.з.} = 3 + N_{ост} \quad (2.30)$$

$$t_{к.з.} = 3 + 6 = 9 \text{ хв.}$$

Кількість стоянок уздовж маршруту, од.:

$$n_{зн} = \text{int} \left(\frac{L_m}{l_{пер}} \right) + 1, \quad (2.31)$$

де $\overline{l_{пер}}$ – середній проміжок між зупинками на маршруті, км:

$$\overline{l_{пер}} = \frac{400 + 50 \cdot N_{ост}}{1000}. \quad (2.32)$$

$$\overline{l}_{nep} = \frac{400 + 50 \cdot 6}{1000} = 0,7 \text{ км.}$$

$$n_{зун} = \text{int} \left(\frac{7,1}{0,7} \right) + 1 = 10 \text{ од.}$$

$$t_{рейс} = \frac{60 \cdot 7,1}{26} + \frac{10 \cdot 60}{60} + 9 = 35,6 \text{ хв.}$$

Встановлюємо час рейсу як $t_{рейс} = 36$ хвилин, оскільки цей показник має бути цілим числом для спрощення його використання при плануванні розкладу автобусів. Для забезпечення додаткового часу автобусам у випадку трафіку, округлення проводимо в бік збільшення.

$$t_{об.} = 2 \cdot 34 = 72 \text{ хв.}$$

Визначаємо інтервал руху автобусів у так звані години пік, хв.:

$$I^{пик} = \left(\frac{60 \cdot q_{гран}}{N_{ij}^{max}} \right) + 1 \quad (2.33)$$

де $q_{гран}$ – максимальна кількість пасажирів, що може розміститися в автобусі, визначається на основі норми 8 осіб на квадратний метр доступного простору салону, пас.:

$$q_{гран} = \left(\frac{q_n - q_{сид}}{5} \right) \cdot 8 + q_{сид}, \quad (2.34)$$

де $q_{сид}$ – максимальна к-ть сидячих місць в транспортному засобі (автобусі).

$$q_{гран} = \left(\frac{70 - 43}{5} \right) \cdot 8 + 43 = 86,2 \text{ пас.}$$

Встановлюємо кількість пасажирів на рівні $q_{\text{гран}}=142$ особи, оскільки транспортування можливе тільки цілими числами. Для уникнення перевищення норми в 5 осіб на квадратний метр при використанні вільного простору в салоні автобуса, використовуємо округлення до меншого значення. Це дозволяє забезпечити комфорт та безпеку пасажирів, враховуючи необхідність дотримання нормативних вимог щодо заповненості транспортного засобу та забезпечення належних умов для перевезення.

$$I^{ник} = \left(\frac{60 \cdot 86}{687} \right) + 1 = 8,5 \text{ хв.}$$

Встановлюємо значення в $I^{ник}=8$ хвилин, оскільки показник має бути в цілих числах для спрощення процесу планування розкладу автобусів. Для мінімізації часу очікування пасажирів у період найбільшого навантаження проводимо округлення до меншого значення.

Визначимо значення кількості автобусів на маршруті у години «пік», од.:

$$A^{ник} = \frac{t_{об}}{I^{ник}}. \quad (2.35)$$

$$A^{ник} = \frac{72}{8} = 9 \text{ од.}$$

Приймаємо значення параметра $A^{ник}=9$. Таке значення є прийнятним з врахуванням того, щоб у годину «пік» не відбувалося перевищення значення 5 чол./м² при заповненні вільної площі салону автобуса.

Визначимо фактичний пасажирообіг на маршруті, пас. км.:

$$P_{\phi} = \sum_1^n N_{ij} \cdot l_i + \sum_1^n N_{ji} \cdot l_i, \quad (2.36)$$

$$P_{\phi} = (221 \cdot 2,4 + 221 \cdot 1,4 + 517 \cdot 1,2 + 687 \cdot 2,1) + \\ + (102 \cdot 2,4 + 102 \cdot 1,4 + 212 \cdot 1,2 + 350 \cdot 2,1) = 4279,9 \text{ пас.км.}$$

Визначимо к-ть пасажирів, яких перевезли на маршруті за певний час,
пас:

$$Q = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (H_{ij}^* + H_{ji}^*). \quad (2.37)$$

$$Q = 1081 + 475 = 1556 \text{ пас.}$$

Визначимо значення середньої швидкості поїздки одного пасажирів на маршруті, км:

$$l_{\text{сеп}} = \frac{P_{\phi}}{Q}. \quad (2.38)$$

$$l_{\text{сеп}} = \frac{4279,9}{1556} = 2,7 \text{ км.}$$

Визначимо числове значення коефіцієнта змінюваності пасажирів на маршруті:

$$\eta_{\text{зм}} = \frac{L_{\text{м}}}{l_{\text{сеп}}}. \quad (2.39)$$

$$\eta_{\text{зм}} = \frac{7,1}{2,7} = 2,6.$$

Визначимо значення пасажирообігу на маршруті, пас. км.:

$$P_{\text{м}} = \frac{2 \cdot 60 \cdot L_{\text{м}} \cdot A^{\text{нік}} \cdot q_{\text{н}}}{t_{\text{об}}}. \quad (2.40)$$

$$P_{\text{м}} = \frac{2 \cdot 60 \cdot 7,2 \cdot 9 \cdot 70}{68} = 8004 \text{ пас.км.}$$

Визначимо динамічний коефіцієнт використання пасажиромісткості:

$$\gamma_o = \frac{P_{\phi}}{P_m}. \quad (2.41)$$

$$\gamma_o = \frac{4279,9}{8004} = 0,53$$

Так само виконуємо обчислення техніко-економічних показників для решти маршрутів, записуючи результати в таблицю 2.47.

Показник якості створеної мережі маршрутів:

$$K_{\text{я}} = \frac{\sum P_{\phi}}{P_{\text{min}}}. \quad (2.42)$$

$$K_{\text{я}} = \frac{12789,4 + 1367,7 + 9553 + 5427,1 + 9560,1 + 15854,9}{55714} = 0,98$$

Визначені технічні та експлуатаційні характеристики надають важливі дані, необхідні для створення графіків руху автобусів та організації ефективної роботи маршруту. Ці дані включають в себе оптимальні інтервали між рейсами та кількість транспортних засобів, які потрібні у години найбільшого навантаження, час на повний обіг маршруту автобусом, загальний обсяг виконаних перевезень та інші критичні показники.

Таблиця 2.47 – Техніко-експлуатаційні показники роботи автобусів

ТЕП	Одиниці виміру	Маршрути сформованої мережі				
		№1 (1-11-8-7-6)	№2 (1-2-3-4-5-6)	№3 (3-12-7-8-9-10)	№4 (5-6-7-8-9-10)	№5 (2-1-10-9-8-7)
1	2	3	4	5	6	7
L_m	км	7,1	10,2	10,5	9,4	9,6

1	2	3	4	5	6	7
$\overline{l}_{пер}$	км	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
$n_{зуп}$	-	10	11	12	12	10
$t_{н.з.}$	сек.	60	60	60	60	60
$t_{к.з.}$	хв.	9	9	9	9	9
V_m	км/год	26	269	26	26	26
$t_{рейс}^{розрах}$	хв.	35,6	46,5	48,3	43,5	44,5
$t_{рейс}^{прийняте}$	хв.	36	47	49	44	45
$t_{об}$	хв.	72	94	98	88	90
N_{ij}^{max}	пас.	687	1927	814	1446	1704
$q_n^{I=4хв}$	пас.	46	129	55	97	114
$q_n^{I=8хв}$	пас.	92	257	109	193	228
N^{max} рекомендаційний інтервал	пас.	500-1000	2600-1800	1000-500	1800-1000	1800-1000
q_n рекомендаційний інтервал	пас.	50-80	120-100	80-50	100-80	100-80
$q_n^{прийняте}$	пас.	62	101	69	92	98
Модель автобуса	-	Богдан А-145	Богдан А-701	Богдан А-145	Богдан А-601	Богдан А-601
q_n	пас.	70	112	70	99	99
$q_{сид}$	пас.	39	30	39	27	27
$q_{срхн}^{розрах}$	пас.	86,2	161,2	89,3	142,3	142,3
$q_{срхн}^{прийняте}$	пас.	86	161	89	142	142
$I_{розрах}^{пій}$	хв.	8,5	6,1	7,1	6,2	6,2

1	2	3	4	5	6	7
$I_{\text{прийняте}}^{\text{нпй}}$	хв.	8	6	7	6	6
$A_{\text{розрх}}^{\text{нк}}$	-	8,9	15,6	13,9	14,8	14,9
$A_{\text{прийняте}}^{\text{нк}}$	-	9	16	14	15	15
Q	пас.	1556	6547	2540	4984	4070
P_{ϕ}	пас. км.	4279,9	22218,2	11514,1	16305,8	16876
$l_{\text{сер}}$	км	2,7	3,4	4,5	3,2	4,1
$\eta_{\text{зм}}$	-	2,6	3	2,3	2,9	2,3
$P_{\text{м}}$	пас. км.	8004	23334	14400	17766	17740,8
γ_{ϕ}	-	0,53	0,95	0,79	0,91	0,95
K_E	-	0,64	0,63	0,61	0,62	0,62

2.10 Розрахунок режимів роботи автобусів на маршруті

Для наступних обчислень було вибрано маршрут №1, що проходить через пункти 1-2-9-8-7.

Використовуючи графоаналітичний метод, ми проводимо аналіз режимів роботи автобусів на обраному маршруті. Цей метод дозволяє точно визначити необхідну кількість транспортних засобів для забезпечення маршруту та забезпечує оптимальне розподілення тривалості змін для водіїв та автобусів, гарантуючи ефективність і комфорт робочих умов.

Для точного розрахунку режимів роботи автобусів за допомогою графоаналітичного методу, необхідно мати наступну інформацію:

- діаграма «мінімум-максимум», яка відображає коливання пасажиропотоку;
- очікувана довжина робочої зміни;
- тривалість перерв на обід.

Процес графоаналітичного розрахунку охоплює три ключові етапи:

1. аналіз пасажиропотоків на маршруті протягом дня.
2. визначення кількості автобусів, необхідних для обслуговування маршруту в кожну годину доби.
3. планування змінності роботи автобусів для оптимізації експлуатації та відпочинку персоналу.

Розрахунок пасажиропотоків на маршруті за кожною годиною доби виконується з використанням відповідної формули, яка дозволяє точно визначити потребу в транспортному обслуговуванні з урахуванням змін у попиті протягом дня. Це забезпечує високий рівень задоволення пасажирів та ефективне використання транспортних ресурсів.

$$N_i = N_{\max} \cdot k_i^{\text{нер}}, \quad (2.43)$$

де $N_{\max}$ – максимальний пасажиропотік, пас.;

$k_i^{\text{нер}}$ – коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку протягом i -ї години доби:

$$k_i^{\text{нер}} = k_i^{\text{нер}*} + 0,01 \cdot N_{\text{ост}} + 0,01 \cdot N_{\text{пер}}, \quad (2.44)$$

де $N_{\text{пер}}$ – передостання цифра залікової книжки, $N_{\text{пер}} = 7$.

Значення $k_i^{\text{нер}*}$ по годинам доби подані у таблиці 2.48.

Таблиця 2.48 – Значення коефіцієнта нерівномірності по годинам доби

Година доби	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
$k^{\text{нер}*}$	0,45	0,8	1	0,9	0,5	0,4	0,2	0,3	0,3	0,5	0,6	0,7	0,9	0,8	0,5	0,4	0,4	0,2	0,1

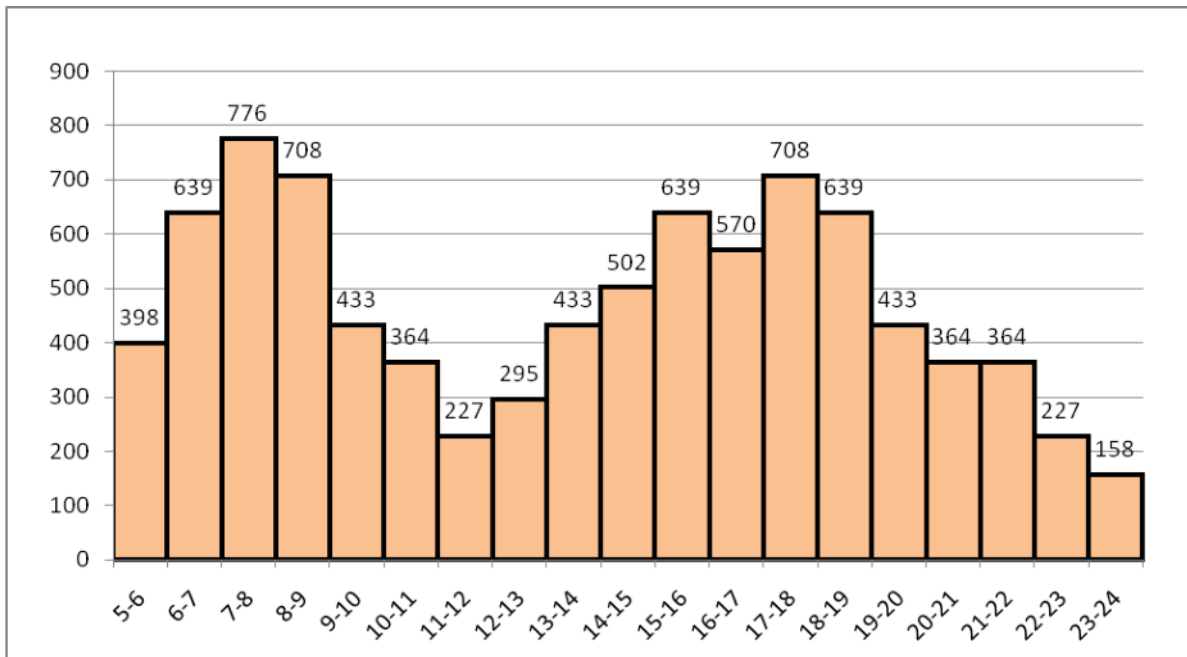


Рисунок 2.15 – Графік руху пасажирів на маршруті за годинами доби.

$$k_{05-06}^{нер} = 0,45 + 0,01 \cdot 6 + 0,01 \cdot 7 = 0,58.$$

Так само встановлюємо коефіцієнти непостійності пасажирського потоку для решти годин доби та вносимо результати обчислень у таблицю 2.49.

Таблиця 2.49 – Обчислені показники коефіцієнта нерівномірності за годинами доби

Година доби	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
$k_{нер}^*$	0,58	0,93	1	1	0,63	0,53	0,33	0,43	0,63	0,73	0,93	0,83	1	0,93	0,63	0,53	0,53	0,33	0,23

$$N_{05-06} = 687 \cdot 0,58 = 398 \text{ пас.}$$

$$N_{06-07} = 687 \cdot 0,93 = 638,9 \text{ пас.}$$

Оскільки значення обсягу пасажиропотоку має бути представлене цілим числом, тому приймаємо $N_{06-07} = 639 \text{ пас.}$ це як основу для подальших розрахунків, забезпечуючи точність і коректність даних.

Таким же чином визначаємо обсяги пасажирських потоків на маршруті за різні години доби та вносимо дані обчислень до таблиці 2.50.

Таблиця 2.50 – Розподіл пасажирських потоків на маршруті протягом доби

Година доби	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
N_i	398	639	776	708	433	364	227	295	433	502	639	570	708	639	433	364	364	227	158

Використовуючи дані про пасажиропотоки на маршруті в різні години доби, ми створюємо графік, що ілюструє ці потоки протягом доби (див. рисунок 2.16), який дозволяє наочно оцінити інтенсивність руху пасажирів та їх розподіл у часі.

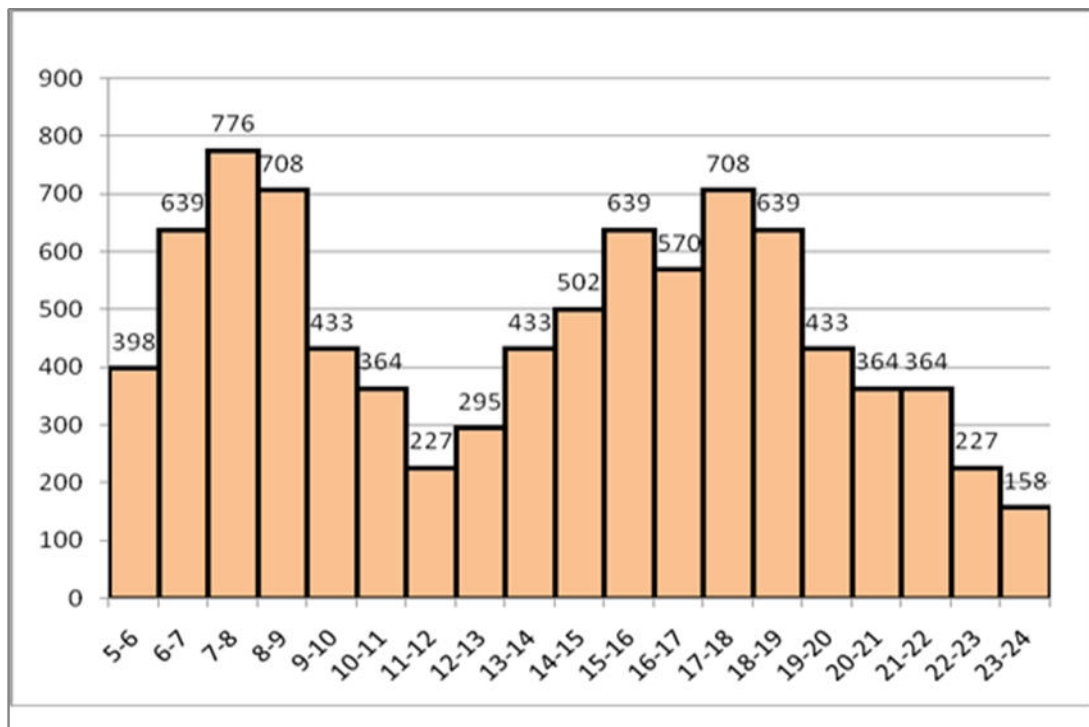


Рисунок 2.16 – Епюра пасажиропотоку на маршруті по годинам доби

Обчислення кількості автобусів, потрібних для маршруту протягом кожної години дня.

Кількість необхідних автобусів на годину визначається використовуючи наступну формулу:

$$A_i = \frac{N_i \cdot t_{об}}{q_n \cdot 60}, \quad (2.45)$$

$$A_{05-06} = \frac{398 \cdot 72}{70 \cdot 60} = 6,800.$$

Приймаємо, $A_{05-06} = 7$ од. щоб не перевищувати значення 5 чел./м² при заповненні вільної площі салону автобуса.

Так само встановлюємо кількість автобусів для решти годин дня та вносимо результати обчислень у таблицю 2.51.

Таблиця 2.51 – Зміна кількості автобусів на маршруті за годинам доби

Година доби	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
A_i	7	11	13	12	7	6	4	5	7	9	11	10	12	11	7	6	6	4	3

Максимальна кількість працюючих автобусів:

$$A_{max} = \max(A_i) \cdot k_{def}, \quad (2.46)$$

де k_{def} - коефіцієнт дефіциту автобусів:

$$k_{def} = 0,8 + 0,01 \cdot N_{ост}, \quad (2.47)$$

$$k_{def} = 0,8 + 0,01 \cdot 6 = 0,86$$

$$A_{max} = 13 \cdot 0,86 = 11,2 \text{ од.}$$

Приймаємо значення $A_{max} = 11$ од. щоб утримувати резерв автобусів на рівні не менш як 15% від загальної кількості транспортних засобів, так як $k_{def} = 0,86$.

Визначаємо мінімальну кількість працюючих на лінії автобусів:

$$A_{min} = \frac{t_{об}}{I_{max}}, \quad (2.48)$$

де I_{max} - максимально допустимий інтервал руху автобусів, хв.:

$$I_{max} = 12 + N_{ост}. \quad (2.49)$$

$$I_{max} = 12 + 6 = 18 \text{ хв.}$$

$$A_{min} = \frac{72}{18} = 4 \text{ од.}$$

Вибираємо значення в більшу сторону, $A_{min} = 4$ од., оскільки округлення до меншого числа може спричинити перевантаження автобусу, що, у свою чергу, погіршить якість перевезень та може призвести до ситуацій, коли пасажирам доведеться відмовляти у транспортуванні.

Створюємо графік, що показує розрахункову динаміку кількості автобусів впродовж дня (див. рисунок 2.17).



Рисунок 2.17 – Діаграма зміни кількості автобусів за годинами доби з лініями «Максимум», «Мінімум»

Для визначення прийнятої кількості автобусів для роботи на маршруті необхідно скорегувати розраховану кількість автобусів наступним чином: якщо $A_i < A_{min}$, то прийняти його $A_i = A_{min}$; якщо $A_i > A_{max}$, то прийняти його $A_i = A_{max}$. Скореговані значення необхідної кількості автобусів подані в таблиці 2.52.

Таблиця 2.52 – Прийнята кількість автобусів на маршруті за годинам доби

Година доби	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
$A_i^{прий}$	7	11	11	11	7	6	4	5	7	9	11	10	11	11	7	6	6	4	4

На рисунку 2.18 представлений графік, який ілюструє затверджену кількість автобусів, що експлуатуються протягом дня, з включенням двох ключових показників: лінії "Мінімум", що відображає мінімально необхідну кількість автобусів для задоволення потреб перевезення, та лінії "Максимум", що показує максимально можливу кількість автобусів, яка може бути задіяна

для підвищення якості обслуговування та забезпечення комфорту пасажирів.

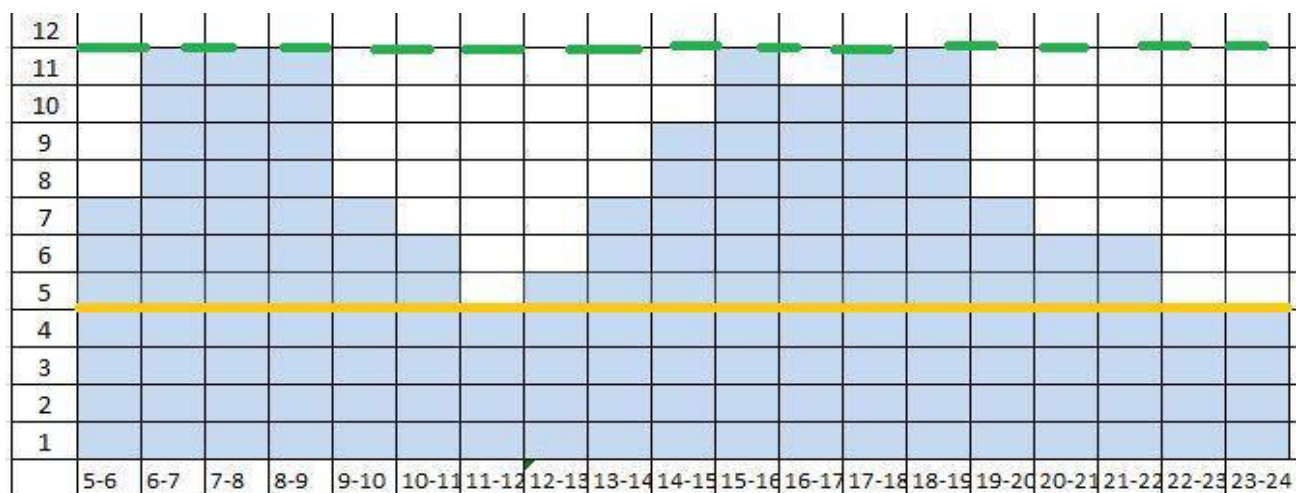


Рисунок 2.18 – Прийнята кількість працюючих автобусів за годинами доби з лініями «Максимум», «Мінімум»

1. Розрахунок змінності роботи автобусів на маршруті.

Визначення змінності роботи автобусів на маршруті:

$$3M = \frac{A\Gamma_{min}^{max} + T_0 \cdot A_{max}}{T_{зм}}, \quad (2.50)$$

де $A\Gamma_{min}^{max}$ – кількість автомобіле-годин роботи автобусів із урахуванням проведених ліній «максимум» та «мінімум», год.;

$T_{зм}$ – час зміни роботи водіїв, год.;

T_0 – час, за який транспортний засіб здійснює нульовий пробіг, год.

$$A\Gamma_{min}^{max} = \sum A_i^{прий} \quad (2.51)$$

$$A\Gamma_{min}^{max} = 213 \text{ год.}$$

$$T_{зм} = \begin{cases} 7, \text{ якщо } N_{ост} - \text{непарне} \\ 8, \text{ якщо } N_{ост} - \text{парне} \end{cases}, \quad (2.52)$$

Приймаємо $T_{зм} = 8 \text{ год.}$, тому що $N_{ост}$ непарне $N_{ост} = 6$.

$$T_0 = \frac{l_0}{V_m}, \quad (2.53)$$

де l_0 – довжина нульових пробігів, км:

$$l_0 = 10 + 2 \cdot N_{ост}, \quad (2.54)$$

$$l_0 = 10 + 2 \cdot 6 = 22 \text{ км.}$$

$$T_0 = \frac{22}{26} = 0,8 \text{ год.}$$

$$ЗМ = \frac{148 + 0,8 \cdot 11}{8} = 19,6 \text{ год.}$$

Вирішуємо встановити кількість змін на рівні 19, уникаючи додавання ще однієї зміни. Решту, що становить 0,6 зміни, рівномірно розподіляємо між існуючими 19 змінами, збільшуючи тривалість робочого часу кожного автобуса.

Організацію робочих змін екіпажів автобусів на маршруті здійснюємо використовуючи коефіцієнт виходу:

$$k_{вих} = 3M - 2A_{мах}. \quad (2.55)$$

На основі обчисленого коефіцієнта ефективності та відповідно до даних, наведених у таблиці 3.38, проводимо розподіл змін в роботі автобусних екіпажів на маршруті за категоріями: однозмінні, двозмінні та трьохзмінні.

Таблиця 2.53 – Необхідна кількість виходів автобусів різної змінності

$k_{вих}$	Однозмінний режим	Двохзмінний режим	Трьохзмінний режим
0	Не потребуються	$A_{мхх}$	Не потребується
Більше 0	Не потребуються	$3A_{мхх} - 3M$	$3M - 2A_{мхх}$
Менше 0	$2A_{мхх} - 3M$	$3M - A_{мхх}$	Не потребується

Так як $k_{вих} = 0$, то використовуємо лише двухзмінний режим.

Кількість виходів автобусів різної змінності.

Двохзмінний режим:

$$3A_{мхх} - 3M \quad (2.56)$$

Опираючись на встановлені режими експлуатації автобусів, демонструємо у вигляді графіку на рисунку 2.19 кількість автобусів, що працюють протягом дня, з доданою кривою, що показує їх змінність.

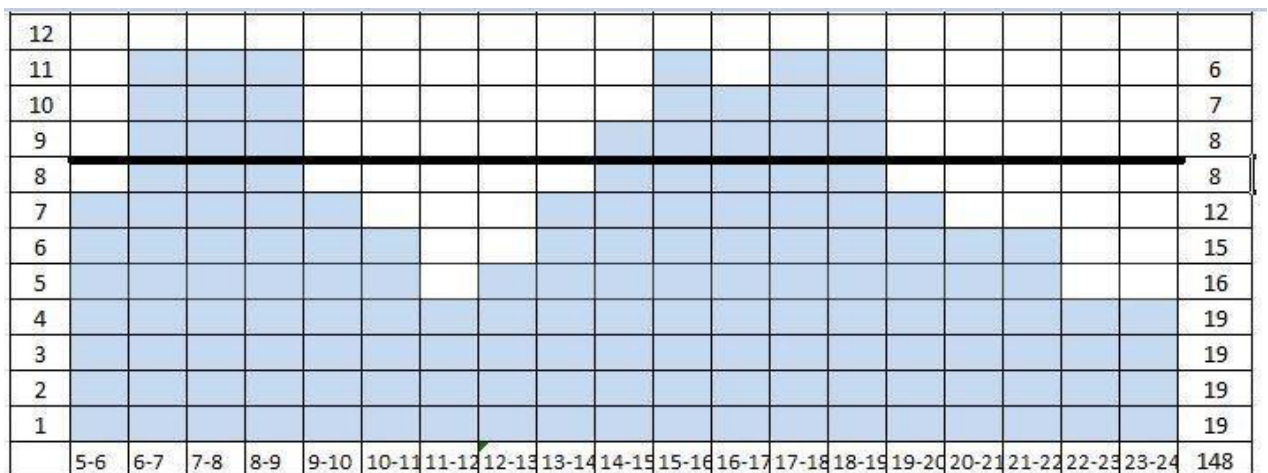


Рисунок 2.19 – Зафіксовано кількість експлуатованих автобусів протягом годин дня з додаванням лінії, що показує їхню змінність

На рис. 2.19 демонструється, що часові інтервали роботи автобусів у

межах одного маршруту варіюються. Застосування графоаналітичного підходу дозволяє оптимізувати і зрівноважити тривалість кожного рейсу шляхом вертикального переміщення індивідуальних сегментів графіка. Ці обчислення виконуються, враховуючи правила робочого часу та відпочинку водіїв автотранспортних засобів, забезпечуючи їм час для обідньої перерви або коротких перепочинків. Важливо враховувати, що під час обідніх перерв автобуси, що обслуговуються цими водіями, не будуть у роботі, тому слід залучати додаткові «компенсаційні» автобуси. Рисунок 2.20 представляє один з етапів обчислення робочих режимів автобусів, використовуючи графоаналітичний метод.

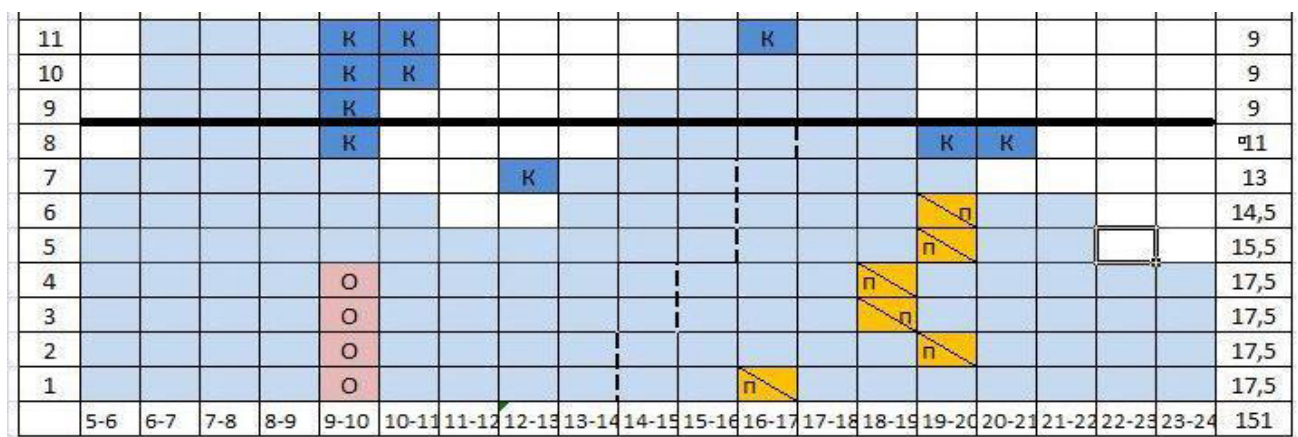


Рисунок 2.20 – Зареєстровано кількість автобусів у роботі по годинах дня з накресленою кривою, що відображає їх коливання.

Умовні позначення:

	Компенсуючий автобус
	Короткочасна перерва
	Обід
	Час зміни роботи водіїв

	Лінія змінності
	Короткочасна перерва
	Обід
	Час зміни роботи водіїв

У ході аналізу робочих режимів автобусів були впроваджені такі схеми роботи:

- автобуси з номерами 1-4 працювали у двозмінному режимі (перша зміна з довгою перервою на обід, друга зміна з короткою перервою);
- автобуси з номерами 5-8 функціонували у двозмінному режимі (перша зміна з перервами протягом зміни, друга зміна з короткою обідньою перервою);
- автобуси з номерами 9-11 були задіяні в однозмінному режимі (зміна з перервами протягом робочого часу).

Ефективність здійснених розрахунків оцінюється через коефіцієнт ефективності, застосований у графоаналітичному методі:

$$k_{ef} = \frac{AG_{min}^{max}}{AG_{ГАР}} \geq 0,9, \quad (2.57)$$

де $AG_{ГАР}$ – кількість автомобіле-годин, що одержані під час графоаналітичного розрахунку.

$$k_{ef} = \frac{148}{148,5} = 0,99.$$

2.11. Розробка графіку руху автобусів

Розклад руху автобусів відіграє ключову роль у забезпеченні ефективної роботи маршруту. Він визначає не тільки періодичність руху автобусів, але й

дозволяє адаптувати час для обідніх перерв водіїв та регулювати час відправлення з кінцевих зупинок. Під час розробки графіка руху автобусів особливу увагу приділяють визначенню інтервалу руху автобусів у різні години дня, що базується на аналізі пасажиропотоку та потреб міського транспорту.

У складанні розкладу враховуються фактори, такі як загальний пасажирський попит протягом дня, пікові години навантаження, необхідність забезпечення регулярності руху автобусів та координація з іншими видами транспорту. Важливим елементом є також урахування часу на обробку на кінцевих зупинках, включаючи час на відпочинок водіїв та технічне обслуговування автобусів. Ефективний графік руху також повинен бути гнучким, щоб швидко адаптуватися до змін у пасажирських потоках та умовах на дорогах, гарантуючи при цьому стабільність і надійність транспортної системи.

$$I_i = \frac{t_{об}}{A_i}, \quad (2.58)$$

де I_i – інтервал руху автобусів на маршруті в певну годину доби, хв.;

A_i – визначена на основі графоаналітичного розрахунку кількість автобусів, од.

$$I_{05-06} = \frac{72}{7} = 10,2 \text{ хв.}$$

Приймаємо, $I_{05-06} = 5,81 \text{ хв.}$, оскільки зменшення інтервалу руху призведе до того, що автобуси не зможуть своєчасно долати відстань до зупинок, що спричинить непостійність у русі. Таким же чином встановлюємо часові проміжки для руху автобусів у інші години дня, а результати наших обчислень фіксуємо в таблиці 2.54.

Таблиця 2.54 – Інтервал руху автобусів по годинам доби

Година доби	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
A_i	7	11	11	11	7	6	4	5	7	9	11	10	11	11	7	6	6	4	4
l	11	7	7	7	11	12	18	15	11	8	7	8	7	7	11	12	12	18	18

Використовуючи зібрані дані та проведення графоаналітичного аналізу, ми формуємо розклад руху автобусів по маршруту. Даний розклад представлений у таблиці 2.55.

Таблиця 2.55 – Графік руху автобусів на маршруті

№	КО2		КО1		КО2		КО1		КО2		КО1		КО2		КО1		КО2	
вих оду	п р	отп	пр	от п	пр	от п	пр	от п	пр	от п	пр	от п	пр	отп	пр	от п	пр	отп
1	8: 49	Обід				9:4 9	10: 14	10: 26	10: 51	11: 05	11: 30	11: 48	12: 13	12: 28	12: 53	13: 07	13: 32	13: 42
2	8: 56	Обід				9:5 6	10: 26	10: 38	11: 05	11: 23	11: 48	12: 08	12: 32	12: 43	13: 08	13: 18	13: 43	13: 53
3	9: 03	Обід				10: 03	10: 38	10: 50	11: 23	11: 41	12: 08	12: 26	12: 51	12: 58	13: 23	13: 29	13: 49	14: 14
4	9: 14	Обід				10: 10	10: 50	11: 02	11: 41	11: 59	12: 26	12: 44	13: 09	13: 13	13: 38	13: 40	14: 05	14: 25
5	9: 25	9:3 6	10:0 1	Простій				13: 11	13: 36	13: 47	14: 12	14: 20	14: 45	14: 53	15: 18	15: 25	15: 50	15: 57
6	9: 36	9:4 7	10:1 3	Простій				13: 22	13: 50	13: 58	14: 20	14: 28	14: 53	15: 01	15: 26	15: 32	15: 57	16: 05
7	9: 47	9:5 8	10:2 5	Простій	12: 13	12: 38	12: 43	13: 10	13: 21	13: 46	13: 57	14: 22	14: 47	15: 10	15: 17	15: 42	15: 50	
8	9: 58	10: 09	10:3 7	Простій				14: 11	14: 19	14: 44	14: 52	15: 17	15: 34	15: 49	15: 56	16: 21	16: 29	
9	10: :0 9	10: 21	10:4 9	Простій				14: 19	14: 30	14: 55	15: 03	15: 28	15: 41	16: 14	16: 18	16: 46	16: 54	
10	10: :2 1	10: 33	11:0 1	11: 19	11: 56	12: 14	Простій				15: 10	15: 35	15: 48	16: 28	16: 36	17: 09	17: 15	
11	10: :3	10: 45	11:1 9	11: 37	12: 14	12: 29	Простій				15: 17	15: 42	15: 55	16: 34	16: 44	17: 34	17: 22	

Продовження таблиці 2.55

	пр	от п	пр	от п	пр	от п	пр	от п	пр	от п	пр	от п	пр	от п	пр	от п	пр	от п
1	14: 07	14: 15	14: 40	14: 48	15: 13	15: 20	15: 45	15: 52	Перерва		16: 38	16: 46	17: 11	17: :1 8	17: 43	17: 50	18: 15	18: 22
2	14: 18	14: 26	14: 51	14: 59	15: 24	15: 31	15: 56	16: 03	16: 28	16: 35	17: 00	17: 07	17: 32	17: :3 9	18: 06	18: 13	18: 38	18: 45
3	14: 35	14: 43	15: 08	15: 15	15: 40	15: 47	16: 12	16: 20	16: 45	16: 52	17: 17	17: 24	17: 49	17: :5 6	18: 21	Перерва		19: 03
4	14: 51	14: 59	15: 24	15: 32	15: 53	16: 00	16: 25	16: 33	16: 58	17: 06	17: 31	17: 38	18: 03	Перерва		18: 33	18: 58	19: 10
5	16: 48	16: 56	17: 21	17: 28	17: 53	18: 00	18: 25	18: 32	18: 57	19: 04	19: 29	19: 41	Перерва		20: 11	20: 23	20: 48	21: 10
6	16: 28	16: 36	17: 01	17: 35	18: 00	18: 07	18: 32	18: 39	19: 04	19: 15	Перерва		19: 48	19: :5 9	20: 24	20: 36	21: 01	21: 13
7	16: 13	16: 22	17: 08	17: 42	18: 07	18: 14	18: 39	18: 46	19: 11	19: 22	19: 47	20: 10	20: 35	20: :4 7	21: 12	Обід		22: 12
8	16: 53	17: 01	17: 26	17: 33	17: 48	17: 55	18: 20	18: 27	18: 52	18: 59	19: 24	19: 35	20: 00	20: :1 2	20: 37	Перерва		21: 17
9	17: 13	17: 20	17: 45	17: 52	18: 17	18: 24	18: 49	18: 56	19: 21									
10	17: 28	17: 25	17: 50	17: 57	18: 22	18: 29	18: 54											
11	17: 43	17: 50	17: 57	18: 04	18: 29	18: 36	18: 59											

Закінчення таблиці 2.55

№ виходу	КО2		КО1		КО2		КО1		КО2		КО1		КО2		КО1		КО2	
	пр	отп	пр	отп	пр	отп	пр	отп	пр	отп	пр	отп	пр	отп	пр	отп	пр	отп
1	18:52	18:59	19:24	19:35	20:00													
2	19:10	19:21	19:46	Перерва		20:34	20:59	21:11	21:36	21:48	21:13	21:25	21:50					
3	19:28	19:39	20:04	20:16	20:41	20:53	21:18	21:30	21:45									
4	19:35	19:50	20:15	20:27	20:52	21:14	21:39	21:51	22:16									
5	21:35	21:47	22:12	22:30	22:55	23:13	23:38	23:56										
6	21:38	21:50	22:15	22:33	22:58	23:16	23:41	23:59	00:24									
7	22:37	22:55	23:20	23:38	00:03													
8	22:42	23:13	23:38	23:58														
9																		
10																		
11																		

Здійснюємо аналіз розробленого графіка руху автобусів, обчислюємо часові проміжки між відправленнями з першої та другої кінцевих станцій, використовуючи наступну формулу:

$$I_i^{KO} = t_i - t_{i-1}, \quad (2.59)$$

де t_i – час відправлення з i -ї кінцевої зупинки, год.; I_i^{KO} – інтервал відправлення з i -ї кінцевої зупинки.

$$I_{05-06}^{KO} = 5:11 - 5:00 = 11 \text{ хв.}$$

Таким же чином визначаємо часові проміжки відправлення автобусів з

інших кінцевих зупинок і вносимо отримані дані до таблиць 2.56 та 2.57.

Таблиця 2.56 – Інтервал відправлення з кінцевої зупинки №1

КО1	I_1^{KO}	КО1	I_1^{KO}	КО1	I_1^{KO}	КО1	I_1^{KO}
1	2	3	4	5	6	7	8
5:00	0:00	9:02	0:11	15:06	0:07	18:42	0:07
5:11	0:11	9:13	0:11	15:13	0:07	18:49	0:07
5:22	0:11	9:24	0:11	15:20	0:07	18:56	0:07
5:33	0:11	9:35	0:11	15:27	0:07	19:07	0:11
5:44	0:11	9:46	0:11	15:34	0:07	19:18	0:11
5:55	0:11	9:57	0:11	15:41	0:07	19:29	0:11
6:06	0:11	10:08	0:11	15:49	0:07	19:40	0:11
6:13	0:07	10:20	0:12	15:56	0:08	19:51	0:11
6:20	0:07	10:32	0:12	16:04	0:08	20:03	0:12
6:27	0:07	10:44	0:12	16:12	0:08	20:15	0:12
6:34	0:07	10:56	0:12	16:20	0:08	20:27	0:12
6:41	0:07	11:14	0:18	16:28	0:08	20:39	0:12
6:48	0:07	11:32	0:18	16:36	0:08	20:51	0:12
6:55	0:07	11:50	0:18	16:44	0:08	21:03	0:12
7:02	0:07	12:05	0:15	16:52	0:08	21:15	0:12
7:09	0:07	12:20	0:15	17:00	0:07	21:27	0:12
7:16	0:07	12:35	0:15	17:07	0:07	21:39	0:12
7:23	0:07	12:50	0:15	17:14	0:07	21:51	0:12
7:30	0:05	13:01	0:11	17:21	0:07	22:09	0:18
7:37	0:05	13:22	0:11	17:28	0:07	22:27	0:18
7:44	0:05	13:33	0:11	17:35	0:07	22:45	0:18
7:51	0:05	13:44	0:11	17:42	0:07	23:03	0:18
7:59	0:03	13:55	0:08	17:49	0:07	23:21	0:18
8:06	0:05	14:03	0:08	17:56	0:07	23:39	0:18
8:13	0:05	14:11	0:08	18:03	0:07	23:57	0:18

1	2	3	4	5	6	7	8
8:20	0:05	14:19	0:08	18:10	0:07		
8:27	0:05	14:27	0:08	18:17	0:07		
8:34	0:05	14:35	0:08	18:24	0:07		
8:41	0:05	14:43	0:08	18:31	0:07		
8:48	0:05	14:51	0:08	18:38	0:07		
8:55	0:05	14:59	0:08	18:35	0:07		

Таблиця 2.57 – Інтервал відправлення з кінцевої зупинки №2

KO2	I_2^{KO}	KO2	I_2^{KO}	KO2	I_2^{KO}	KO2	I_2^{KO}
1	2	3	4	5	6	7	8
5:36	0:00	9:22	0:11	15:08	0:07	18:45	0:07
5:47	0:11	9:33	0:11	15:15	0:07	18:52	0:07
5:58	0:07	9:44	0:11	15:22	0:07	18:59	0:07
6:05	0:07	9:55	0:11	15:29	0:07	19:10	0:11
6:12	0:07	10:07	0:12	15:36	0:07	19:21	0:11
6:19	0:07	10:19	0:12	15:43	0:07	19:32	0:11
6:26	0:07	10:31	0:12	15:50	0:07	19:43	0:11
6:33	0:07	10:43	0:12	15:57	0:07	19:54	0:11
6:40	0:07	10:55	0:12	16:05	0:08	20:06	0:12
6:47	0:07	11:15	0:20	16:13	0:08	20:18	0:12
6:54	0:07	11:33	0:18	16:21	0:08	20:30	0:12
7:01	0:07	11:51	0:18	16:29	0:08	20:42	0:12
7:08	0:07	12:06	0:15	16:37	0:08	20:54	0:12
7:15	0:07	12:21	0:15	16:45	0:08	21:06	0:12

1	2	3	4	5	6	7	8
7:22	0:07	12:36	0:15	16:53	0:08	21:18	0:12
7:29	0:07	12:51	0:15	17:01	0:08	21:30	0:12
7:36	0:07	13:02	0:11	17:08	0:07	21:42	0:12
7:43	0:07	13:13	0:11	17:15	0:07	21:54	0:12
7:50	0:07	13:24	0:11	17:22	0:07	22:12	0:18
7:57	0:07	13:35	0:11	17:29	0:07	22:30	0:18
8:04	0:07	13:46	0:11	17:36	0:07	22:48	0:18
8:11	0:07	13:57	0:11	17:43	0:07	23:06	0:18
8:18	0:07	14:05	0:08	17:50	0:07	23:24	0:18
8:25	0:07	14:13	0:08	17:57	0:07	23:42	0:18
8:32	0:07	14:21	0:08	18:03	0:07	00:00	0:18
8:39	0:07	14:29	0:08	18:10	0:07		
8:46	0:07	14:37	0:08	18:17	0:07		
8:53	0:07	14:45	0:08	18:24	0:07		
9:00	0:11	14:53	0:08	18:31	0:07		
9:11	0:11	15:01	0:08	18:38	0:07		

Використовуючи дані з таблиць 2.56 та 2.57, створюємо діаграми часових проміжків відправлення автобусів з термінальних зупинок. Аналіз розробленого графіка руху автобусів за інтервалами відправлення з термінальної зупинки №1 відображено на малюнку 2.23. Також проводимо аналіз розкладу руху автобусів за інтервалами відправлення з термінальної зупинки №2, який представлений на малюнку 2.24.

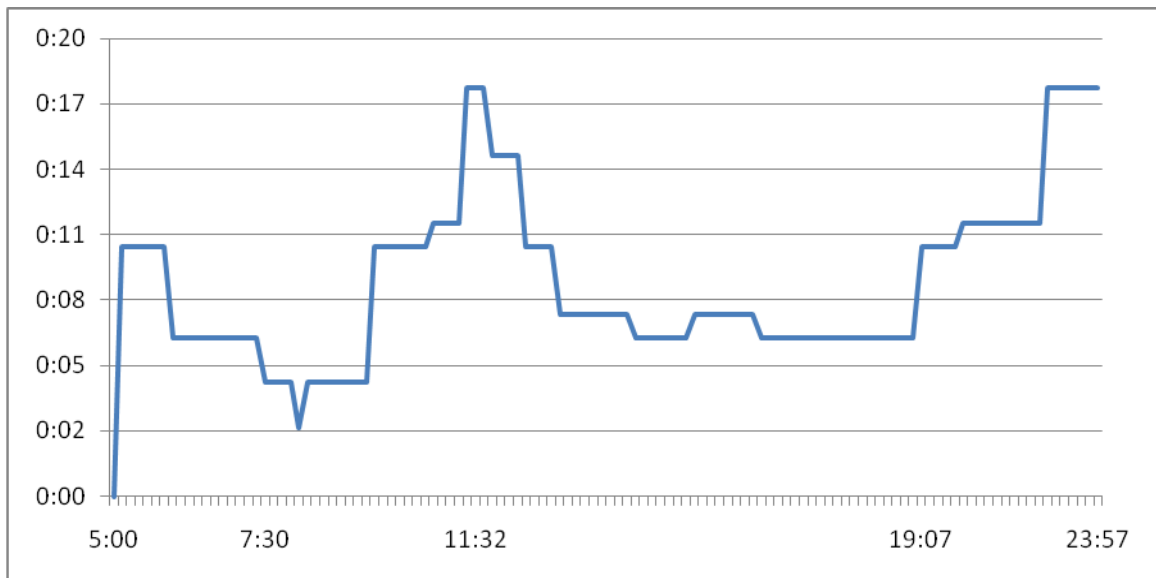


Рисунок 2.23 – Аналіз розкладу відправлень автобусів за інтервалами з останньої зупинки №1

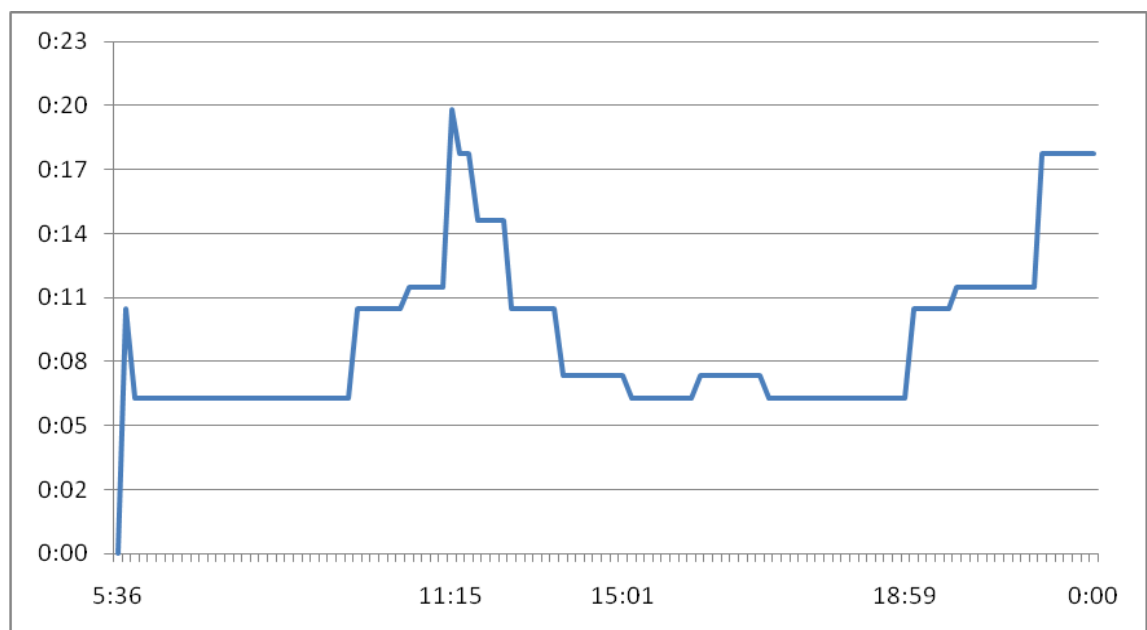


Рисунок 2.24 – Аналіз розробленого графіка руху автобусів за часовими проміжками відправлень з термінальної станції №2

Сконструйовані діаграми демонструють часові проміжки між відходами автобусів з термінальних станцій. На цих діаграмах вертикальні смуги ілюструють непостійні часові відступи між відправленнями, що вказує на недостатньо якісне планування розкладу автобусів по даному маршруту. Проте,

у контексті виконання розрахункової та графічної роботи, такі недоліки вважаються припустимими.

Час виїзду з АТП:

$$T_{\text{виїзду}} = T_{\text{відКЗ1}} - T_0, \quad (2.60)$$

де $T_{\text{відКЗ1}}$ – час виходу з першої кінцевої станції першого кругового рейсу, год.;

T_0 – час нульового пробігу, год.

$$T_{\text{виїзду}}^{\text{№1}} = 5:00 - 0:48 = 4:12$$

Також визначаємо час відправлення з автотранспортного підприємства (АТП) для інших автобусів та фіксуємо результати в таблиці.

Час повернення до АТП:

$$T_{\text{заїзду}} = T_{\text{прибКЗ1}} + T_0, \quad (2.61)$$

де $T_{\text{прибКЗ1}}$ – час приїзду до першої кінцевої станції після завершення останнього кругового рейсу, год.

$$T_{\text{заїзду}}^{\text{№1}} = 20:00 + 0:48 = 20:48 \text{хв.}$$

Так само визначаємо час повернення до автотранспортного підприємства (АТП) для решти автобусів і вносимо отримані дані до таблиці 2.58.

Таблиця 2.58 – Час виїзду (заїзду) автобусів з (у) АТП

Випуск автобусу	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10	№11
$T_{\text{виїзду}}$, год	4:12	4:23	4:34	4:45	4:56	5:03	5:10	5:17	5:24	5:31	5:39
$T_{\text{заїзду}}$, год	20:48	22:3	22:3	23:0	00:4	01:1	00:5	00:4	20:0	19:4	19:4
	8	8	3	4	8	2	1	6	9	2	7

Визначимо час в наряді для кожного випуску транспортного засобу (автобусу):

$$T_H = T_{\text{заїзду}} - T_{\text{виїзду}} - T_{\text{обіду(відст.)}}, \quad (2.62)$$

де $T_{\text{обіду(відст.)}}$ – загальна тривалість обідньої перерви (стоянки) для даного рейсу, год.

$$T_H^1 = 20:48 - 4:12 - 1 = 15:36 \text{ год.}$$

Також обчислюємо час перебування в наряді для інших автобусів та реєструємо результати у таблиці.

Час перебування в наряді для водія першої зміни визначається на основі наступної залежності:

$$T_H^{e1} = T_{\text{кін}}^1 - T_{\text{виїзду}} - T_{\text{обіду(відст.)}}^1, \quad (2.63)$$

де $T_{\text{кін}}^1$ – час закінчення першої зміни; $T_{\text{обіду(відст.)}}^1$ – сумарний час обіду (відстою) водія першої зміни, год.

$$T_H^{e1} = 13:53 - 4:12 - 1:00 = 8:41 \text{ год.}$$

Так само визначаємо час перебування в наряді для інших водіїв першої зміни та вносимо результати до таблиці 2.59.

Час наряду для водія другої зміни обчислюється відповідно до наступної формули:

$$T_H^{62} = T_{\text{заїзду}} - T_{\text{поч}}^2 - T_{\text{обіду(відст.)}}^2, \quad (2.64)$$

де $T_{\text{поч}}^2$ – час початку другої зміни; $T_{\text{обіду(відст.)}}^2$ – сумарний час обіду (відстою) водія другої зміни, год.

$$T_H^{61} = 21:53 - 13:53 - 1:00 = 6:41 \text{ год.}$$

Так само визначаємо тривалість часу у службовому розкладі для інших водіїв другої зміни та заносимо дані до таблиці 2.59.

Таблиця 2.59 – Характеристика роботи автобусів на маршруті

Випуск автобусу	Зміна	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10	№11
Кількість рейсів	1 зміна	12	14	11	12	13	14	13	11	11	12	13
	2 зміна	11	12	10	11	12	10	12	9	12	10	9
Час обіду (відстою), год.	1 зміна	1:00	1:01	1:03	1:09	1:11	1:12	3:03	3:05	4:33	4:05	4:27
	2 зміна	1:00	0:34	0:38	0:31	0:45	0:30	0:32	0:40	0:32	0:30	0:30
Час в наряді автобусу, год.		15:36	12:41	13:52	12:51	15:23	12:32	14:19	14:24	15:06	14:39	12:47
Час в наряді водія, год.	1 зміна	8:41	6:46	8:02	5:59	8:56	6:59	8:39	8:46	6:32	7:19	7:54
	2 зміна	6:41	5:51	7:32	6:33	8:48	9:01	7:08	7:57	6:52	7:17	6:53

3 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

3.1 Аналіз причин виникнення пожеж на автомобільному транспорті

На автомобільному транспорті основними причинами виникнення пожеж є наступні:

- порушення герметичності з'єднань паливних систем, займання паливо-мастильних матеріалів, контакт струмоведучих частин із легкозаймистими поверхнями;
- займання паливо-мастильних матеріалів, що було спричинене утворенням іскри внаслідок контакту металевих частин транспортних засобів в момент дорожньо-транспортної пригоди;
- самозаймання паливо-мастильних матеріалів від статичної електрики;
- самозаймання горючих матеріалів, спричинене несправністю електричного обладнання або кабелів живлення;
- самозаймання горючих матеріалів транспортного, спричинене дією відкритого вогню (зварювальні роботи, надмірний нагрів вузлів транспортного засобу, паління, тощо);
- несправність в системі запалювання та живлення транспортного засобу.

Заходи безпеки на автомобільному транспорті.

Огляд транспортних засобів та пошук в них несправностей, особливо в системах живлення та мащення не повинен здійснюватися за допомогою джерел відкритого вогню. Для цього слід використовувати електричні лампи із захисною металевою сіткою. Знімання клем із акумуляторів транспортних засобів потрібно здійснювати обережно, щоб воно не супроводжувалось утворенням іскор. Усі струмоведучі частини та з'єднання слід захищати від контакту з металевими предметами та інших струмопровідних матеріалів.

Місця зупинки та стоянки транспортних засобів не повинні суміщатися із місцями миття рук бензином та іншими горючими матеріалами. Розлиті паливо-мастильні матеріали повинні бути засипані піском і винесені за межі

гаражів або у спеціально відведені місця.

Забороняється залишати без нагляду ганчірки, які використовувались для протирання автомобільних деталей і мають сліди паливо-мастильних матеріалів. Такі речі потрібно складувати у спеціально відведені металеві скрині, які щільно закриваються. Після закінчення робіт такі ганчірки потрібно утилізувати.

Закриті та відкриті стоянки транспортних засобів не повинні бути місцями зберігання легкозаймистих речовин, вогнебезпечних речовин та вантажів. Також забороняється складувати їх у проїздах та проходах.

Гаражі та автотранспортних господарствах повинні бути розроблені схеми евакуації транспорту та персоналу на випадок виникнення пожежі або аварії. Ці плани повинні знати всі працівники підприємства, а навчання на перевірку таких знань потрібно проводити кожних 6 місяців.

Дії водіїв транспортних засобів при пожежі.

Якщо займання транспортного засобу сталося в дорозі, то водій зобов'язаний з'їхати на узбіччя, вимкнути запалення та зупинити транспортний засіб. Після цього водій зобов'язаний забезпечити найшвидшу евакуацію з транспортного засобу пасажирів, якщо такі є і приступити до ліквідації займання.

Якщо почалося горіння пролитого під автомобілем пального, то ліквідацію пожежі слід почати з нього. Слід також пам'ятати, що відкриття капоту транспортного засобу підсилює горіння, оскільки збільшує доступ кисню, який є продуктом горіння.

Основна запорука успіху палаючого автомобіля полягає у оперативності гасіння пожежі. Для цього необхідно знати час безперервної роботи вогнегасника, щоб правильно розрахувати свої дії.

Для раціональнішого використання діючої речовини вогнегасника слід використовувати його запірні пристрої. Це дозволить локалізувати кілька осередків займання одним і тим же вогнегасником.

Найшвидше вдається загасити полум'я використовуючи кілька джерел

гасіння. Такий ефект використовується завдяки застосуванню кількох вогнегасників одночасно. Цього можна досягнути лише за допомогою кількох водіїв. Гасіння пожежі здійснюють з підвітряного боку, а струмінь активної речовини вогнегасника спрямовують не на полум'я, а на поверхню, яка горить. Гасіння ж палива, але витікає здійснюють знизу вгору, а не навпаки.

При гасінні пожежі необхідно підібрати відповідний вогнегасник. Для цього необхідно знати якого типу горючі речовини є в транспортному засобі. Гасіння водою транспортних засобів чи паливо-мастильних матеріалів є неефективним, оскільки вода не може їх загасити. Пінні вогнегасники для гасіння пожежі на транспортному засобі, які є досить ефективними для цього також не підійдуть, оскільки можуть спричинити коротке замикання. Для гасіння пожежі на транспортному засобі доцільно використовувати лише порошкові вогнегасники. Внаслідок дії активної речовини перекривається доступ кисню і полум'я не може продовжуватись жити киснем.

Порошкові вогнегасники поділяють на дві категорії:

- перша – вогнегасники наповнені газом для викидання порошку;
- друга – вогнегасники, які використовують для викидання порошку окремі балони чи ємності наповнені стиснутим повітрям.

Ефективним є також використання вуглекислотних вогнегасників, принцип роботи яких полягає у тому, що активна речовина вуглекислота. Ці вогнегасники слід використовувати з обережністю. Струмінь вуглекислоти має дуже низьку температуру та може спричинити обмороження. Також слід мати на увазі, що пари вуглекислоти можуть призвести до паралізації органів дихання.

Вогнегасники слід купувати у спеціалізованих магазинах, ознайомившись із сертифікатом відповідності та якості. Використовувати можна лише вогнегасники із актуальним терміном використання.

3.2 Безпека життєдіяльності на транспорті

В транспортній системі міст важливе місце посідає громадський автомобільний транспорт. Він представлений різними видами автомобільного транспорту, зокрема автобусами, тролейбусами, маршрутними таксі.

Висока інтенсивність транспортних потоків, низька соціальна відповідальність та кваліфікація водіїв, недисциплінованість учасників дорожнього руху та низька якість дорожнього покриття призводять до великої кількості аварій, багато з яких мають летальні наслідки.

Основними видами аварій міського автомобільного транспорту є перекидання, зіткнення, наїзди на пішоходів, тварин та нерухомі перешкоди.

В теперішній час автомобільний транспорт став ще більше небезпечнішим.

Для сучасного міста характерними є високі швидкості руху транспортних засобів, що спричиняє більші гальмівні шляхи при однакових інших умовах руху.

Із настанням осінньо-зимового періоду тривалість денного світла значно скорочується та погіршується видимість, що призводить до необхідності їздити із увімкненими фарами впродовж цілого дня. Ігнорування цим фактом може призвести до недостатньої видимості транспортного засобу на дорозі, і як наслідок, утворення дорожньо-транспортної пригоди.

Своєчасній заміні покришок автомобілів на відповідні сезону також слід приділяти належну увагу. Для цього слід періодично перевіряти прогноз погоди, а із зниженням середньодобової температури нижче 7 °C потрібно замінити літні покришки колісних транспортних засобів на зимові. Перед цим слід переконатись, що величина протектора покришки лежить в дозволеному діапазоні значень, а сам її стан виключає тріщини, оголення корду, гулі та виривання резино-гумової суміші.

Слід також мати на увазі, що обочини доріг мають інші фізико-механічні властивості ніж основне покриття, тому при контакті із ним автомобіль може

втратити керованість.

Для пасажирів громадських транспортних засобів слід дотримуватись правил безпеки на транспорті.

Для цього не можна обходити транспортний засіб спереду, оскільки при цьому не буде видно транспортних засобів, які здійснюють об'їзд транспорту, з якого виходять пасажирів.

В громадському транспорті слід дотримуватись наступних правил:

- заходити у транспортний засіб або виходити з нього можна лише при повній його зупинці;

- потрібно намагатись зайняти місце в середній частині салону транспортного засобу а не біля проходу, щоб не утруднювати прохід іншим пасажирів;

- забороняється використовувати двері транспортного засобу як опору, оскільки вони можуть самовільно відчинитись у випадку несправності;

- потрібно триматись за горизонтальні або вертикальні поручні, щоб усунути можливість удару об металеві частини салону;

- під час руху забороняється відволікати водія розмовами;

- якщо пасажир розуміє, що відбудеться ДТП потрібно зайняти фіксуюче для тіла положення;

- при ДТП не потрібно кричати та махати руками, потрібно зберігати спокій та намагатись добратись до найближчого вільного виходу, або використовувати аварійні виходи із транспортного засобу;

- після того як пасажири вибрались із транспортного засобу потрібно викликати аварійні служби і вже потім допомагати іншим пасажирів вибиратись із пошкодженого транспортного засобу.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

У кваліфікаційній роботі були розроблені пропозиції з поліпшення транспортної мережі громадського транспорту у місті Тернопіль. Ці пропозиції враховують кількість рухомого складу та його техніко-економічні показники на маршруті.

У роботі була надана характеристика громадського транспорту міста, розглянуті екологічні аспекти його використання. Також проаналізовано проблеми та перспективи розвитку громадського транспорту та сформульовано завдання для дипломного проектування. Також в роботі визначено загальні принципи розвитку міського пасажирського транспорту, проведено аналіз транспортної мережі міста Тернополя з визначенням ключових транспортних районів. Було визначено обсяг кореспонденцій та розраховано мінімальну транспортну роботу, необхідну для обслуговування даної транспортної мережі.

Проведено формування маршрутної мережі та аналіз пасажиропотоків на сформованих маршрутах. Обґрунтовано та вибрано рухомий склад, розраховано його основні техніко-економічні показники та складено графік руху автобусів.

Також проведено аналіз причин виникнення пожеж на автомобільному транспорті та розглянуто заходи з підвищення безпеки пасажирів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Планування міст і транспорт : навч. посібник / О. С. Безлюбченко, С. М. Гордієнко, О. В. Завальний; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 271 с. ISBN 978-966-695-525-1
2. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development [Електронний ресурс] // Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. – 2015. – Режим доступа: http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E.
3. Поліщук В. П., Красицьківа О. В., Дзюба О. П. Транспортне планування міст. – Знання України. Київ. – 372 с. 2014. 978-966-316-347-5.
4. Global status report on road safety 2015 [Електронний ресурс] / World Health Organization. – 2015. – Режим доступа: http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/GSRRS2015_Summary_EN_final2.pdf?ua=1
5. Global Report on Human Settlements 2013 [Електронний ресурс]. / UNHABITAT. – 2013. – Режим доступа: <http://unhabitat.org/books/planning-and-design-for-sustainable-urban-mobility-global-report-on-human-settlements-2013/>.
6. Віртуальна архітектура [Електронний ресурс]. – Режим доступа : https://studopedia.su/10_26158_arhitektura-kiberprostoru.html.
7. Вітвицька Є. В. Врахування нормативних параметрів клімату міст України у архітектурному проектуванні : навч. посібник / Є. В. Вітвицька, Д. О. Бондаренко / під ред. Є. В. Вітвицької. – Одеса : ОДАБА, 2015. – 261с.
8. Конспект лекцій з дисципліни «Транспортне планування міст» (для студентів 5 курсу всіх форм навчання спеціальностей 7.100402 і 8.100402 «Транспортні системи»/Укл.: Лобашов О.О.- Харків: ХНАМГ, 2009.-с.46. (електронний варіант).
9. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій. На заміну: ДБН Б.2.2-12:2018. – [Чинний від 01.10.2019]. – Київ : Держбуд України, 2019. – 183 с.

10. ДБН 360-92* Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень -К.:Укрархбудінформ, 1993. – 107 с.
11. Урбаністика: Навч. посібник/ О.С. Безлюбченко, О.В. Завальний. – Харків: ХДАМГ, 2003.- 254 с.
12. Плешкановська А. М. Функціонально-планувальна оптимізація використання міських територій / А. М. Плешкановська. – Київ, 2005. – 190.
13. Любарський Р.Е. Проектування міських транспортних систем. – К.: будівельник, 1984. - 93 с.
- 14.ДБН В.2.3-15-2007 Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів - К.:Мінбуд України, 2007. – 41 с.
- 15.ДБН А.2.2-3-2004 Склад, порядок розроблення, погодження і затвердження проектної документації для будівництва.
- 16.ДБН В. 2.3-5-2001 Вулиці і дороги населених пунктів.
- 17.ДБН А.2.2-1-2003 Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд
18. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво.
19. ДБН В.2.3-5:2018 Вулиці та дороги населених пунктів. Зі Зміною № 1
20. Intelligent Transportation Systems – Problems and Perspectives: Increase of City Transport System Management Efficiency with Application of Modeling Methods and Data Intellectual Analysis / I. Makarova, R. Khabibullin [et al.]; ed. By A. Śladkowski [et al.] // Studies in Systems, Decision and Control. – Vol. 32. – Switzerland: Springer International Publishing AG, 2016. – P. 37-80.
21. Makarova, I.V. City Transport System Improvement through the Use of Simulation Modeling System / I.V. Makarova, E.I. Belyaev [et al.] // International Journal of Applied Engineering Research. – 2014. – Vol. 9, № 22. – P.15649-15655.
22. Chen, H.-K. The application of a route diversion strategy to a vehicle route guidance system using multiple driver classes / H.-K. Chen, D.-H. Lee, Ch.-T. Fu // Transportation Planning and Technology. – 1994. – Vol. 18, Iss. 2. – P. 81-105.

23. Sun, L. A New Robust Optimization Model for the Vehicle Routing Problem with Stochastic Demands / L. Sun // Journal of Interdisciplinary Mathematics. – 2014. – Vol. 17, Iss. 3. – P. 287-309.

24. Huang, Z.D. A GIS-based framework for bus network optimization using genetic algorithm / Z.D. Huang, X.J. Liu [et al.] // Annals of GIS. – 2010. – Vol. 16, Iss. 3. – P. 185-194.

25. Ulusoy, Y.Y. Optimal bus service patterns and frequencies considering transfer demand elasticity with genetic algorithm / Y.Y. Ulusoy, S. I-J. Chien // Transportation Planning and Technology. – 2015. – Vol. 38, Iss. 4. – P. 405-424

26. Anand N. Ontology-based multi-agent system for urban freight transportation / N. Anand, R. van Duin, L. Tavasszy // International Journal of Urban Sciences. – 2014. – Vol. 18, Iss. 2. – P. 133-153.

27. VISUM User Manual [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.chinautc.com/information/manage/UNCC_Editor/uploadfile/20081105144806983.pdf.

28. Abraham, I. A Hub-Based Labeling Algorithm for Shortest Paths on Road Networks [Электронный ресурс] / I. Abraham, D. Delling // SODA 2010. – Режим доступа: <https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/2010/12/HL-TR.pdf>.