

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня
магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: “Удосконалення технологій управління міським громадським
транспортом на основі автоматизованих систем”

Виконав: студент 6 курсу, групи МНм-61
спеціальності 275 Транспортні технології
(на автомобільному транспорті)
(шифр і назва спеціальності)

Ползюков Д.Ф.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Цьонь О.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Плекан У.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Зав. кафедри Цьонь О.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Сташків М.Я.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет _____ інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра _____ автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Цьонь О.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)
«14» листопада 2025 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня _____ магістр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 275 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)
(шифр і назва спеціальності)
студенту _____ Ползюкову Денису Феліксовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____ Удосконалення технологій управління міським громадським транспортом на основі автоматизованих систем

Керівник роботи _____ Цьонь О.П., к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «14» _____ листопада _____ 2025 року № 4/7-971

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22 грудня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи: схема міжміських пасажирських маршрутів

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Концептуальна модель та структурна декомпозиція системи.
 2. Взаємодія ключових елементів маршрутної системи міста.
 3. Стратегічні засади реформування транспортного комплексу міста.
 4. Data-Driven Decision Making у транспортному плануванні.
 5. Вибір рухомого складу та його класифікація.
 6. Техніко-економічне обґрунтування експлуатаційної доцільності нового маршруту.
 7. Узгодження розкладів руху громадського транспорту на спільних ділянках та удосконалення параметрів функціонування транспортної мережі.
 8. Розрахунок зведеного розкладу руху автобусів на маршруті.
 9. Структура системи, підсистеми та канали обміну.
 10. Комплект пристроїв рухомих одиниць (ПРО).
 11. Обладнання центрального диспетчерського пункту.
 12. Економічне обґрунтування впровадження АСУ міського громадського транспорту.
 13. Вплив дорожньо-транспортних ситуацій на безпеку людини.
 14. Умови і режими роботи працівників.
 15. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
1. Титульний лист.
 2. Реферат.
 3. Концептуальна модель управління маршрутною системою.
 4. Розрахункові дані.
 5. Економічні розрахунки.
 6. Етапи розроблення розкладу руху пасажирського транспорту.
 7. Схема досліджуваного маршруту.
 8. Узагальнена структурно-функціональна схема АСУ МГТ.
 9. Диспетчерське управління.
 10. Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці			
Безпека в надзвичайних ситуаціях			

7. Дата видачі завдання 14.11.2025 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розділ 1. Системний аналіз міських пасажирських перевезень	28.11.2025 р.	
2	Розділ 2. Інформаційно-аналітичне забезпечення проектування міських пасажирських маршрутів	05.12.2025 р.	
3	Розділ 3. Процес функціонування автоматизованої системи управління міським громадським транспортом	12.12.2025 р.	
4	Розділ 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	15.12.2025 р.	
5	Загальні висновки	17.12.2025 р.	
6	Перелік посилань	18.12.2025 р.	

Студент

(підпис)

Ползюков Д.Ф.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Цьонь О.П.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	6
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	
1.1. Концептуальна модель та структурна декомпозиція системи	11
1.2. Взаємодія ключових елементів маршрутної системи міста	13
1.3. Стратегічні засади реформування транспортного комплексу міста	16
РОЗДІЛ 2. ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЄКТУВАННЯ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ МАРШРУТІВ	
2.1. Data-Driven Decision Making у транспортному плануванні	19
2.2 Вибір рухомого складу та його класифікація	22
2.3. Техніко-економічне обґрунтування експлуатаційної доцільності нового маршруту	29
2.4. Узгодження розкладів руху громадського транспорту на спільних ділянках та удосконалення параметрів функціонування транспортної мережі	35
2.5. Розрахунок зведеного розкладу руху автобусів на маршруті	40
РОЗДІЛ 3. ПРОЦЕС ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МІСЬКИМ ГРОМАДСЬКИМ ТРАНСПОРТОМ	
3.1 Структура системи, підсистеми та канали обміну	45
3.2. Комплект пристроїв рухомих одиниць (ПРО)	46
3.3. Обладнання центрального диспетчерського пункту	49
3.4. Економічне обґрунтування впровадження АСУ міського громадського транспорту	54
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	
4.1 Вплив дорожньо-транспортних ситуацій на безпеку людини	60
4.2. Умови і режими роботи працівників	61
4.3 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів	64

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

68

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

70

РЕФЕРАТ

У кваліфікаційній роботі магістра розглянуто удосконалення технологій управління міським громадським транспортом на основі автоматизованих систем, на прикладі проектування маятникового автобусного маршруту в місті Дніпро. Обґрунтовано актуальність теми, зумовлену зношеністю рухомого складу, недостатньою цифровізацією управління перевезеннями та необхідністю переходу до системного, data-driven планування маршрутної мережі. Об'єктом дослідження є процеси проектування та функціонування міських маятникових маршрутів, предметом – методи й моделі оптимізації роботи громадського транспорту з використанням автоматизованих систем управління.

В роботі виконано аналіз міської пасажирської транспортної системи як складної соціотехнічної системи, розглянуто взаємодію вулично-дорожньої мережі, маршрутної структури та пасажиропотоків. Окреслено стратегічні напрями реформування транспортного комплексу міста Дніпро, включно з оптимізацією маршрутної мережі, оновленням рухомого складу та впровадженням цифрових інструментів для збору й обробки даних про перевезення. Подано порівняльну характеристику рухомого складу різних класів та сформовано рекомендації щодо його застосування на міських маршрутах.

Розроблено техніко-економічне обґрунтування відкриття нового маятникового маршруту, визначено основні експлуатаційні показники, доходи, витрати, прибуток та рентабельність перевезень. Запропоновано підходи до формування та узгодження розкладів руху, вибору інтервалів, випуску автобусів та контролю заповнення салону з урахуванням пікових і міжпікових періодів, а також режимів праці й відпочинку водіїв. Описано структуру автоматизованої системи управління міським громадським транспортом, її основні підсистеми та функції, що забезпечують моніторинг руху, аналіз пасажиропотоків та оперативну корекцію параметрів роботи маршруту.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання отриманих результатів органами місцевого самоврядування та автотранспортними підприємствами під час проектування нових і модернізації існуючих маршрутів, а також при впровадженні автоматизованих систем диспетчеризації міського громадського транспорту.

Ключові слова: міський громадський транспорт, маятниковий маршрут, автоматизована система управління, маршрутна мережа, техніко-економічне обґрунтування, розклад руху.

ВСТУП

Трансформаційні процеси в економіці України та її поступова інтеграція в європейський економічний простір ставлять нові вимоги до функціонування національних ринків, зокрема ринку пасажирських автоперевезень. Перехід від централізованої моделі управління до ринкових відносин кардинально змінив ландшафт галузі: приватизація автотранспортних підприємств (АТП) та посилення конкуренції вимагають від менеджменту застосування інноваційних підходів до господарювання. В умовах динамічної зміни зовнішнього та внутрішнього середовища, ключовим завданням керівників АТП стає формування гнучкої та адаптивної стратегії розвитку, здатної забезпечити не лише виживання, але й довгострокову рентабельність.

Водночас, система міських пасажирських перевезень у великих агломераціях, як-от м. Дніпро, стикається з низкою системних викликів: нерівномірність пасажиропотоків, зношеність рухомого складу, недостатня оптимізація маршрутної мережі та низький рівень інтеграції сучасних цифрових технологій. Ефективне державне регулювання, що має на меті збалансувати інтереси перевізників, споживачів та муніципалітетів, потребує науково обґрунтованих проектних рішень на локальному рівні. Розробка та впровадження нових, економічно обґрунтованих маршрутів, що функціонують на засадах сучасних систем управління, є одним із пріоритетних напрямів модернізації транспортної інфраструктури міст. Це підтверджує високу актуальність дослідження, присвяченого удосконаленню організаційно-технічних аспектів проектування та запуску міських автобусних маршрутів.

Об'єкт дослідження – організаційно-економічні процеси, що супроводжують проектування та впровадження нових маятникових маршрутів у системі міського пасажирського транспорту.

Предмет дослідження – методи та моделі оптимізації функціонування міського пасажирського транспорту на прикладі проектування маятникового маршруту та інтеграції автоматизованої системи управління (АСУ).

Метою кваліфікаційної роботи є розробка комплексу організаційно-технічних рішень для створення ефективного маятникового маршруту «вул. Дебенко («Мирне») - пров. Добровольців (ж/м «Перемога»)) у м. Дніпро, з акцентом на економічне обґрунтування та впровадження сучасної автоматизованої системи оперативного управління перевезеннями.

Для досягнення поставленої мети було сформульовано наступні завдання дослідження:

1. Провести системний аналіз сучасної структури міських пасажирських перевезень та ідентифікувати ключові напрямки оптимізації процесу створення нових маршрутів.

2. Виконати детальне техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) доцільності запуску проектного маятникового маршруту, забезпечивши збалансованість його фінансових показників.

3. Розробити концептуальну модель функціонування автоматизованої системи управління (АСУ) для підвищення операційної ефективності та якості обслуговування на маршруті.

Методологічна основа дослідження. Для вирішення поставлених завдань було застосовано комплекс загальнонаукових та спеціальних методів, зокрема: системний аналіз (для вивчення структури пасажирських перевезень), економіко-математичне моделювання (при розробці ТЕО), методи порівняльного аналізу та узагальнення (для огляду існуючих практик), а також методи імітаційного моделювання (для опису процесів функціонування АСУ).

Наукова новизна одержаних результатів полягає у подальшому розвитку методологічних засад проектування та управління міськими маятниковими маршрутами шляхом комплексної інтеграції економічного обґрунтування з впровадженням сучасних автоматизованих систем диспетчеризації та контролю.

Практичне значення результатів. Розроблені в роботі пропозиції, розрахунки та моделі мають прикладний характер і можуть бути використані профільними департаментами та приватними автотранспортними підприємствами як готова дорожня карта для організації та запуску нового

маятникового маршруту, а також для модернізації управління існуючою маршрутною мережею.

РОЗДІЛ 1. СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

1.1. Концептуальна модель та структурна декомпозиція системи

Міську пасажирську транспортну систему (МПТС) доцільно розглядати як складну, динамічну соціотехнічну систему. Її сутність полягає у сукупності взаємопов'язаних елементів та процесів, що забезпечують реалізацію однієї з базових потреб мешканців мегаполісу – потреби у мобільності. Ключова мета функціонування МПТС полягає у задоволенні попиту населення на переміщення в міському просторі, що є необхідною умовою для трудової, освітньої, культурно-побутової та соціальної діяльності громадян.

Методологічною основою для дослідження настільки багатогранних об'єктів є системний аналіз, який дозволяє декомпонувати складну проблему на керовані елементи та вивчити їх взаємозв'язки. МПТС повною мірою відповідає критеріям великої системи, оскільки для неї характерні:

- Багатоелементність: наявність значної кількості різнорідних, але взаємозалежних компонентів (рухомий склад, інфраструктура, пасажери, персонал).
- Поліфункціональність: виконання складних функцій, спрямованих на досягнення єдиної мети – якісного та своєчасного перевезення пасажирів.
- Ієрархічність: можливість поділу на підсистеми нижчого рівня, функціонування яких підпорядковане загальній меті системи.
- Інтенсивність інформаційних потоків: висока динаміка обміну даними між елементами системи для забезпечення її керованості та адаптивності.

Продуктом діяльності пасажирського транспорту є специфічна послуга – сам процес перевезення. На відміну від матеріального виробництва, цю послугу

неможливо накопичити на складі чи відокремити від процесу її надання; вона виробляється та споживається одночасно. Основним вимірником обсягу наданих послуг (транспортної роботи) є пасажиро-кілометр, що відображає як кількість перевезених пасажирів, так і дальність їхніх поїздок. У ринкових умовах ця послуга стає товаром, що формує двосторонній зв'язок: з одного боку, транспортні підприємства реагують на існуючий попит, а з іншого – якість та доступність транспортної пропозиції здатні стимулювати та формувати нові моделі мобільності населення.

Для глибокого аналізу МПТС доцільно представити її структуру у вигляді трьох ключових взаємодіючих підсистем:

1. Підсистема «Міське середовище та населення». Ця підсистема виступає зовнішнім середовищем, що генерує попит на перевезення. Вона включає:

- Містобудівний каркас: просторове розміщення житлових масивів, промислових зон, ділових центрів, об'єктів культури та відпочинку.
- Вулично-дорожня мережа: конфігурація та пропускна здатність транспортних артерій міста.
- Населення: споживач транспортних послуг, що формує пасажиропотоки з їх просторовою та часовою нерівномірністю. Вихідними даними цієї підсистеми є кореспонденції пасажирів (потреба у переміщенні між конкретними точками), а вхідними для неї – конфігурація існуючої маршрутної мережі.

2. Підсистема «Транспортний процес» (Операційна підсистема). Це ядро всієї МПТС, що безпосередньо реалізує процес перевезення. Її функціонування визначається сукупністю наступних компонентів:

- Маршрутна система: територіально та функціонально пов'язана мережа маршрутів, що є основою транспортного обслуговування.
- Технологія перевезень: методи та способи організації руху рухомого складу, включаючи розклади, інтервали та режими роботи.
- Система оперативного управління: комплекс диспетчерських та навігаційних засобів (сьогодні – переважно автоматизованих), що забезпечують контроль за дотриманням графіків та регулярністю руху.

- Інформаційно-довідкове забезпечення: сучасні системи інформування пасажирів (мобільні додатки, онлайн-карти, табло на зупинках).
- Тарифно-квиткова система: принципи тарифікації та методи оплати проїзду (включно з електронними квитками та валідаторами).
- Економіка перевезень: структура витрат, механізми ціноутворення та фінансового регулювання діяльності перевізників.

3. Підсистема зовнішнього впливу. Діяльність МПТС нерозривно пов'язана з низкою зовнішніх факторів, які формують вимоги та обмеження:

- Ресурсне забезпечення: доступність паливно-енергетичних, матеріально-технічних та трудових ресурсів.
- Безпека: сукупність норм і стандартів, спрямованих на мінімізацію ризиків для пасажирів та інших учасників дорожнього руху.
- Екологія: екологічні норми та стандарти (наприклад, стандарти викидів Євро-5, Євро-6), що впливають на вибір рухомого складу.
- Соціальний аспект: забезпечення доступності транспорту для всіх категорій населення, включаючи маломобільні групи.

Отже, головним завданням підсистеми «Транспортний процес» є ефективне перетворення попиту, що генерується підсистемою «Міське середовище та населення», на якісну транспортну послугу, враховуючи при цьому обмеження та вимоги «Підсистеми зовнішнього впливу». Показниками ефективності цього процесу є не лише економічні результати (витрати та доходи), але й рівень задоволення потреб суспільства у безпечних, комфортних та екологічних перевезеннях.

1.2. Взаємодія ключових елементів маршрутної системи міста

Маршрутна система є динамічним ядром міських пасажирських перевезень, що виступає як інтерфейс між пропозицією транспортних послуг та

попитом на них з боку населення. Її ефективність визначається збалансованою взаємодією трьох фундаментальних елементів:

1. Вулично-дорожня мережа (ВДМ) – фізична інфраструктура міста, що є "каркасом" для прокладання маршрутів і визначає їхню конфігурацію, протяжність та швидкісні характеристики.

2. Транспортна пропозиція – сукупність ресурсів, які перевізники виводять на ВДМ. Включає рухомий склад (кількість, тип, пасажиромісткість) та операційні параметри його роботи (розклади, інтервали руху, швидкість сполучення).

3. Пасажирський попит – сукупна потреба мешканців у переміщеннях, що характеризується пасажиропотоками (кількістю пасажирів, що проїжджає через певний переріз мережі за одиницю часу) та кореспонденціями (зв'язками між пунктами відправлення та прибуття).

Ключова властивість маршрутної системи – її перманентна динамічність. Вона не є статичною структурою, а постійно адаптується до змін у міському середовищі. Розширення житлових масивів, поява нових бізнес-центрів чи соціальних об'єктів неминуче призводять до трансформації пасажирського попиту: змінюється його обсяг, географія та часовий розподіл. Це, у свою чергу, порушує існуючий баланс, що виявляється у перевантаженні одних маршрутів та неефективному використанні рухомого складу на інших.

Саме ця динаміка перетворює маршрутну систему на центральний об'єкт управління в структурі міських пасажирських перевезень. Процес управління полягає у безперервному моніторингу та коригуванні транспортної пропозиції для її максимальної відповідності пасажирському попиту в умовах наявних інфраструктурних та ресурсних обмежень (рис. 1.1).

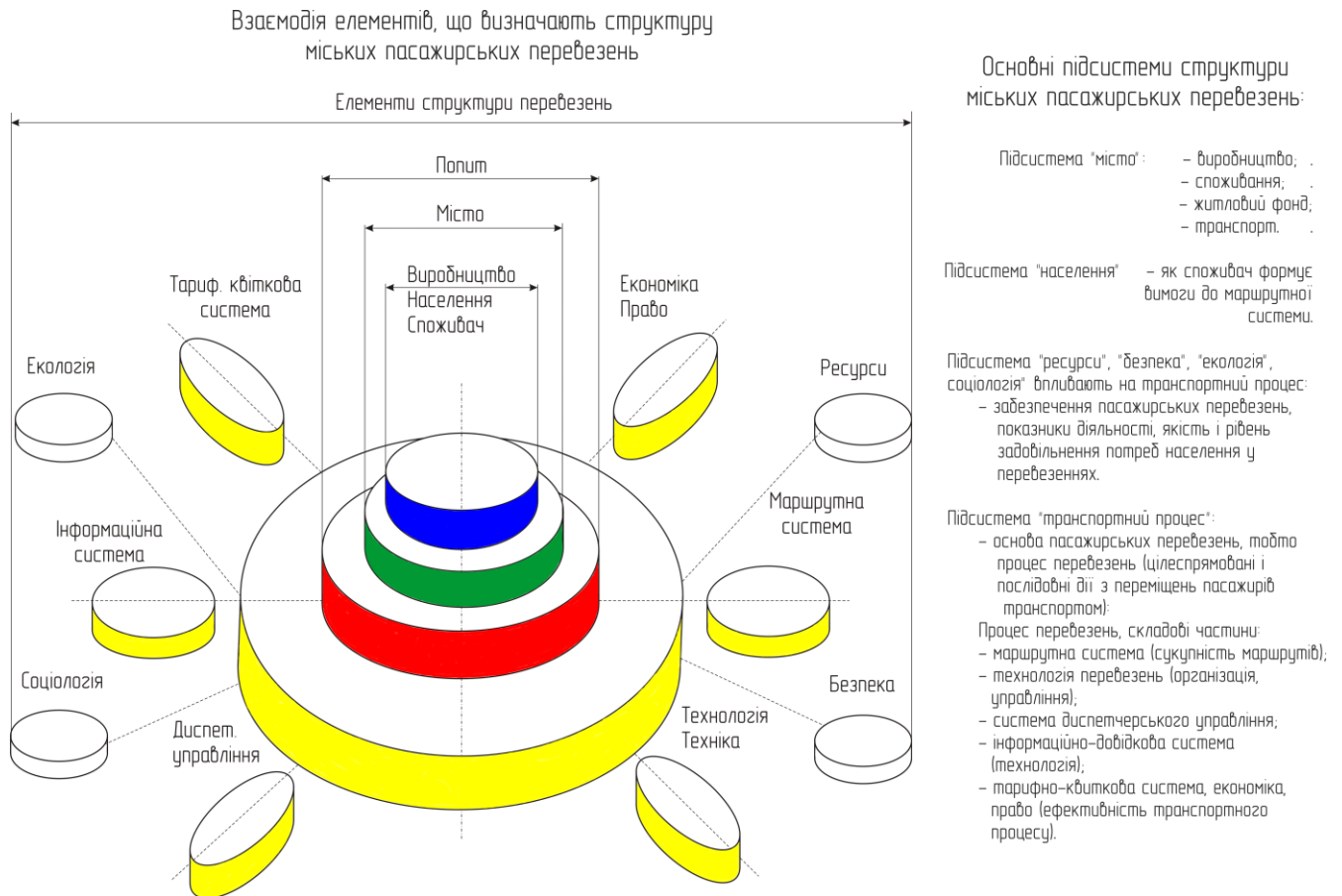


Рисунок 1.1 – Концептуальна модель управління маршрутною системою

Історично вдосконалення маршрутних систем часто відбувалося за реактивним принципом. За відсутності єдиного, комплексного критерію ефективності, рішення приймалися на основі обмеженої кількості показників (наприклад, коефіцієнт наповнення) та експертних оцінок, часто шляхом порівняння з аналогічними показниками інших міст. Такий підхід не дозволяв працювати на випередження та призводив до запізнених рішень.

Сучасний етап розвитку галузі вимагає переходу до проактивного управління, що базується на наукових методах. Ключовим інструментом тут стає транспортне моделювання, яке дозволяє не просто фіксувати існуючі пасажиропотоки, а й прогнозувати їх зміни внаслідок реалізації тих чи інших містобудівних або управлінських рішень. Створення цифрових транспортних моделей міст дає змогу оцінити наслідки зміни маршрутної мережі чи параметрів руху ще до їх впровадження, обираючи оптимальний варіант на основі комплексних критеріїв ефективності, що враховують інтереси як пасажирів, так і перевізників.

1.3. Стратегічні засади реформування транспортного комплексу міста

Ефективне функціонування міського транспортного комплексу є фундаментальною передумовою для сталого соціально-економічного розвитку сучасного мегаполіса. Усвідомлюючи це, міська влада Дніпра розробила комплексну Програму, мета якої виходить за межі простого покращення існуючої системи. Вона передбачає фундаментальне реформування галузі для створення інтегрованої, людиноцентричної та економічно обґрунтованої системи міської мобільності. Кінцевою метою є забезпечення права громадян на безпечне, якісне та швидке пересування, а також формування стійкого транспортного потенціалу, здатного відповідати на виклики майбутнього.

Реалізація цієї амбітної мети вимагає не точкових поліпшень, а системних перетворень, які можна згрупувати у декілька ключових стратегічних напрямів.

Напрямок 1: Інституційна та організаційна трансформація

Цей блок передбачає докорінну зміну принципів управління галуззю.

- **Реформування комунальних підприємств:** Перетворення муніципальних перевізників з дотаційних та неефективних структур на сучасні, конкурентоспроможні компанії з прозорою звітністю та чіткими показниками ефективності (KPI). Це включає оптимізацію управлінського складу, модернізацію ремонтно-технічної бази та впровадження комерційних підходів до операційної діяльності.

- **Прозора система контрактів:** Організація на постійній основі відкритих та зрозумілих конкурсів на право обслуговування міських маршрутів. Ключовими критеріями відбору перевізників мають стати не лише цінові пропозиції, а й якісні показники: клас та екологічність рухомого складу, готовність інтегруватися в єдину систему диспетчеризації та оплати проїзду, кваліфікація персоналу.

- Посилення кадрового потенціалу: Реструктуризація профільного управління міської ради, перетворення його на сучасний "організатор перевезень" за європейським зразком. Це вимагає залучення висококваліфікованих фахівців у сферах транспортного планування, економіки, ІТ та маркетингу, здатних розробляти та впроваджувати складні інноваційні проекти.

Напрямок 2: Технологічна модернізація та цифровізація

Впровадження сучасних технологій є ключовим фактором підвищення ефективності та привабливості громадського транспорту.

- Створення єдиної автоматизованої системи: Цей напрям передбачає не просто впровадження електронного квитка (на базі банківських та транспортних карток), а формування інтегрованої цифрової платформи мобільності. Така платформа має об'єднати:

- Систему безготівкової оплати проїзду, що дозволяє гнучко керувати тарифами (наприклад, квитки з можливістю пересадки, денні або місячні проїзні).

- GPS/GLONASS-моніторинг всього рухомого складу в режимі реального часу.

- Пасажирські інформаційні сервіси (мобільні додатки, "розумні" зупинки), що надають актуальну інформацію про час прибуття транспорту.

- Систему збору та аналізу даних про пасажиропотоки для науково обґрунтованої оптимізації маршрутної мережі.

Напрямок 3: Оптимізація інфраструктури та рухомого складу

Цей блок спрямований на підвищення провізної спроможності та комфорту системи.

- Науково-практичне обґрунтування маршрутної мережі: Повний перегляд існуючої мережі на основі даних, отриманих з транспортної моделі міста. Мета - виключити дублювання, забезпечити стабільні зв'язки між усіма районами, пріоритезувати магістральні маршрути та організувати зручні пересадкові вузли.

- Пріоритезація рухомого складу великої та особливо великої місткості: Поступова відмова від маршрутних таксі малого класу на користь сучасних низькопідлогових автобусів, тролейбусів та трамваїв. Це не лише підвищує комфорт та доступність для маломобільних груп населення, але й зменшує завантаженість вулично-дорожньої мережі. Джерелами фінансування цього оновлення є залучення приватних інвестицій, муніципальні облігації та кредити від міжнародних фінансових інституцій (ЄІБ, ЄБРР).

- Розвиток супутньої інфраструктури: Модернізація зупинкових комплексів, будівництво терміналів, облаштування виділених смуг для громадського транспорту, що дозволяє підвищити швидкість та регулярність руху.

Напрямок 4: Економічне та соціальне регулювання

- Гнучка тарифна політика: Впровадження механізму індексації вартості проїзду, який буде враховувати не лише ринкові зміни (ціни на паливо, запчастини, рівень зарплат), але й державну соціальну політику та купівельну спроможність населення. Прозора структура тарифу має бути публічною та зрозумілою для громадян.

- Формування нової транспортної культури: Проведення системної інформаційної політики через ЗМІ та соціальні мережі. Мета - змінити ставлення мешканців до громадського транспорту, позиціонуючи його як гідну, зручну та екологічну альтернативу приватному автомобілю. Це включає популяризацію безготівкової оплати, роз'яснення переваг нової маршрутної мережі та просування ідей сталої мобільності.

Реалізація зазначених заходів на основі принципу комплексності дозволить не просто вирішити поточні проблеми, а й закласти фундамент для сталого розвитку транспортного комплексу Дніпра, здатного задовольняти потреби міста на десятиліття вперед.

.

РОЗДІЛ 2. ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЄКТУВАННЯ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ МАРШРУТІВ

2.1. Data-Driven Decision Making у транспортному плануванні

Ефективне вдосконалення та відкриття нових міських маршрутів у сучасному мегаполісі неможливе без переходу від реактивного управління до проактивного планування, що базується на принципах Data-Driven Decision Making (DDDM) - прийняття рішень на основі даних. Єдиним надійним джерелом об'єктивної інформації про параметри транспортного попиту та якість його задоволення є комплексні транспортні дослідження.

Саме аналіз даних, отриманих у ході таких досліджень, дозволяє кількісно оцінити ключові показники мобільності: обсяги та напрямки пасажиропотоків, часові витрати на переміщення (включно з часом підходу до зупинки, очікування та поїздки), кількість пересадок, коефіцієнти завантаженості рухомого складу та багато іншого. Об'єктивна оцінка цих параметрів дає змогу виявити "вузькі місця" та слабкі ланки існуючої транспортної системи та розробити науково обґрунтовані заходи щодо її оптимізації: від коригування трас і розкладів до повного перерозподілу рухомого складу між напрямками.

Для систематизації підходів до збору даних, усю сукупність транспортних досліджень доцільно класифікувати на два великі класи, що відповідають різним рівням планування: стратегічному та операційному.

1. Стратегічні дослідження транспортних потреб. Ці дослідження спрямовані на вивчення фундаментальних закономірностей, що формують попит на переміщення в місті. Вони відповідають на питання "Чому?", "Звідки?" та "Куди?" переміщуються мешканці, незалежно від існуючої маршрутної мережі. До цього класу належать обстеження:

- Розселення та розміщення центрів тяжіння (місць праці, навчання, відпочинку).
- Транспортної рухливості населення (середньої кількості поїздок на одного мешканця за добу).
- Бюджету часу мешканців та їх готовності витратити його на поїздки.
- Причин вибору того чи іншого способу переміщення.

Результати таких досліджень є основою для довгострокового стратегічного планування: розробки генеральних планів міст, планів сталої міської мобільності (SUMP) та проєктування нових транспортних коридорів.

2. Операційні обстеження транспортного обслуговування. Цей клас досліджень фокусується на аналізі ефективності вже існуючої маршрутної мережі. Вони відповідають на питання "Скільки?", "Коли?" та "Як?" пасажери користуються конкретними маршрутами. Основна мета - отримати точні дані про пасажиропотоки, їх розподіл за годинами доби, днями тижня та ділянками маршруту. Ці дані є фундаментом для тактичних рішень щодо оптимізації операційної діяльності.

Хоча цей поділ є певною мірою умовним, він чітко розмежовує цільове призначення досліджень, дозволяючи обирати адекватні методи для вирішення конкретних завдань.

Методологія збору даних про пасажиропотоки пройшла значну еволюцію, рухаючись від трудомістких ручних методів до високотехнологічних автоматизованих систем.

Класичні (ручні) методи та їх обмеження - ця група методів історично була основною, але сьогодні має обмежене застосування через низку недоліків (висока вартість, людський фактор, низька дискретність даних).

- Звітно-статистичний (квитковий): Аналіз даних про продаж квитків. Надає лише загальну інформацію про обсяг перевезень на маршруті за тривалий період, не розкриваючи його внутрішньої структури.

- Візуальний (окомірний): Приблизна оцінка наповненості салону обліковцем за бальною шкалою ("сидячі місця зайняті", "салон заповнений", "переповнений"). Метод вкрай суб'єктивний та неточний.
- Табличний (облік входу/виходу): Обліковці на кожній зупинці фіксують кількість пасажирів, що увійшли та вийшли. Дозволяє побудувати точні епюри (діаграми) пасажиропотоків по ділянках маршруту. Переваги: висока точність даних про завантаженість, відсутність контакту з пасажиром. Основний недолік: неможливість отримати матрицю кореспонденцій "зупинка-зупинка". Незважаючи на це, тривалий час вважався найефективнішим ручним методом.
- Талонний: Кожному пасажирові при вході видається талон, який забирається при виході. Дозволяє отримати повну матрицю кореспонденцій і точно розрахувати дальність поїздок. Основний недолік: вкрай трудомісткий, створює незручності для пасажирів, високий ризик втрати даних та помилок.
- Анкетний: Опитування пасажирів для збору додаткової інформації (мета поїздки, соціальний статус, наявність альтернатив). Використовується для якісних, а не кількісних досліджень.

Розвиток цифрових технологій докорінно змінив підходи до збору даних, зробивши їх значно точнішими, дешевшими та, що найголовніше, безперервними.

- Автоматизовані системи підрахунку пасажирів (APC - Automated Passenger Counters): Спеціальні датчики (інфрачервоні або 3D-камери), встановлені над дверима транспортних засобів, автоматично фіксують кожного пасажирів, що входить та виходить. Це сучасний цифровий аналог табличного методу, який працює постійно і без людського втручання, надаючи величезні масиви даних про завантаженість.
- Дані систем безготівкової оплати проїзду (AFC - Automated Fare Collection): Валідація банківських або транспортних карток при вході (а в ідеалі - і при виході) є цифровим аналогом талонного методу. Аналіз анонімізованих транзакцій дозволяє будувати надзвичайно точні матриці кореспонденцій для мільйонів поїздок, що було неможливо уявити при ручних обстеженнях.

- Дані мобільних операторів та GPS: Агреговані та анонімізовані дані про переміщення SIM-карт у просторі дозволяють побачити "лінії бажань" (desire lines) - фактичні напрямки руху людей по місту, що допомагає виявляти неохоплені маршрутною мережею зони та проєктувати абсолютно нові маршрути.

Таким чином, сучасне транспортне планування переходить від епізодичних ручних обстежень до постійного моніторингу мобільності на основі "великих даних" (Big Data), отриманих з автоматизованих систем. Це дозволяє не просто реагувати на проблеми, а моделювати та прогнозувати наслідки будь-яких змін, будуючи по-справжньому ефективну та адаптивну маршрутну систему.

2.2 Вибір рухомого складу та його класифікація

Сучасна ситуація на ринку міських пасажирських перевезень свідчить, що кількість середніх, великих та надвеликих автобусів значно менша, ніж кількість маршрутних таксі пасажиромісткістю до 22 місць. Для ефективного забезпечення перевезень на маршрутах місткістю понад 22 пасажирів доцільно обирати автобуси середнього, великого та особливо великого класів.

Переваги такого вибору:

- збільшення загальної кількості одночасно перевезених пасажирів;
- забезпечення більшого пасажиропотоку під час годин «піку» (6.00–9.00 та 16.00–18.00);
- зменшення кількості рейсів для перевезення того ж обсягу пасажирів, що сприяє оптимізації експлуатаційних витрат і зниженню навантаження на дорожню мережу.

Згідно з міжнародними стандартами та ДСТУ, автобуси класифікуються за місткістю (таблиця 2.1):

Класифікація пасажирського транспорту за місткістю

Клас автобуса	Пасажиромісткість
Особливо малий	до 22 осіб
Малий	22–40 осіб
Середній	41–60 осіб
Великий	61–100 осіб
Особливо великий	понад 100 осіб

Для міських перевезень на пасажирських маршрутах доцільно використовувати автобуси середнього, великого та особливо великого класів.

Основними українськими виробниками автобусів є корпорація «Богдан» та «Бориспільський автозавод (БАЗ)».

Корпорація «Богдан». Компанія займає перше місце за обсягами виробництва та продажу автобусів в Україні. «Богдан» активно розширює виробничі потужності в Україні та за її межами, веде виробництво в Білорусі та починає будівництво заводу в Російській Федерації. При розробці нових моделей враховуються досягнення світових лідерів автобусобудування, використовуються компоненти японських, корейських та європейських виробників, сучасні матеріали та технології.

Модельний ряд включає міські, приміські та туристичні автобуси всіх класів – від особливо малого до особливо великого. Для міських перевезень найбільш підходять:

- Богдан А-092.02, Богдан А-092.14 (таблиця 2.2), Богдан А-144.5 (таблиця 2.3)

Бориспільський автозавод (БАЗ). БАЗ виробляє автобуси міського та туристичного класу. Найбільш перспективними моделями для міських перевезень є:

- БАЗ-А079.14 «Еталон» – на базі шасі TATA LP-613/38 BUS (ліцензія Mercedes), середній клас (таблиця 2.4);
- БАЗ-А148 – на базі шасі FAW GA 6102D92-1, великий клас (таблиця 2.5).

Таблиця 2.2

Технічні характеристики автобусів «Богдан» А-092.02 та А-092.14

		А-092.04	А-092.14
Пасажиromісткість	Кількість місць для сидіння	22	27
	Загальна кількість місць	46	35
	Сидіння	Напівм'які з ручкою без регулювання	М'які без регулювання
Габаритні розміри, мм	Довжина	7 430	
	Ширина	2 380	
	Висота	2 820	
Колісна база, мм	3 815		
Передня колія, мм	1680		
Задня колія, мм	1650		
Маса спорядженого автобусу, кг	5 500		
Повна маса автобусу, кг	8 300		

Коробка передач	Механічна, 6-ступенева	
Підвіска коліс	Пневматична	
Гальмівна система	Робоча гальмівна система	Гідравлічна, з вакуумним підсилювачем, АВ8-1 кат.
	Гальмівні механізми	Барабанні
	Запасна гальмівна система	Суміщена з робочим контуром
оказники маневреності та економічності	Зовнішній радіус повороту по передньому бамперу, м, не більш	8
	Витрати палива при швидкості 60 км/год, л/100 км	13
	Витрати палива при повній загрузці, л/100 км	22,5
Електрообладнання	Номинальна напруга, V	24 6СТІ90, два
ISUZU (EURO-3)		
Двигун	Робочий об'єм, л	5,193
	Максимальна потужність, кВт	129
	Максимальний крутячий момент, Нм/хв. ⁻¹	387\ 1500
Двері	Одностворчаті з пневматичним приводом	
Система вентиляції	Приточно-витяжна через кватирки бокових вікон та люків у даху. При установці кондиціонеру - через люк і вентилятор кондиціонеру.	
Система опалення	Автономний обігрівач та радіаторні обігрівачі салону і кабіни водія.	

Таблиця 2.3

Технічна характеристика автобусу «Богдан» А-144.5

Габаритні розміри, мм, не більше: довжина, ширина, висота	9880/2500/2960
Конструктивна маса автобусу, кг, не більше	8750
Повна конструктивна маса автобусу (маса спорядженого автобусу і пасажирів), кг, не більше	14250

Пасажиromісткість:	
- кількість пасажирських місць для сидіння	31
- загальна кількість	80
Об'єм багажного відділення, м ³	1,5
Висота підлоги	від 630 мм до 950 мм
Висота сходинок, мм	від поверхні до сходинки не більш 360 мм
Пасажирські двері	3 з пневматичним приводом автоматичного відкривання
Кабіна водія	Крісло водія - м'яке з регулюванням "вперед - назад"; закрита від салону пасажирів перегородкою
Обігрів	Система опалення - рідинна, від опалювача радіаторного типу з використанням тепла двигуна і рідинного опалювача. Рідинний опалювач виконує функції передпускового обігріву двигуна.
Сидіння	Напівм'які з ручкою без регулювання
Двигун	ISUZU (EURO-3) Дизельний, 4-х тактний, рядний 6-ти циліндровий
Робочий об'єм, см ³	7,127
Номинальна потужність, кВт, не менше	169
Коробка передач	ISUZU MLD-7Q механічна, семиступенева
Рульове управління	Механізм - шарико-винтовий з гідропідсилювачем моделі 453461.1801; рульова колонка, яка регулюється по куту та висоті
Підвіска пневматична	Передня (4202A-3000015) - залежна, пневматична, зі стабілізатором повздовжньої стійкості, з гідравлічними телескопічними амортизаторами і регулятором положення кузова. Задня (RABA A-106.13-330) - залежна, пневматична, з двома регуляторами положення кузова, з гідравлічними телескопічними амортизаторами. Сумарний об'єм ресиверів, не менше 60 дм ³

Гальмівна система	Двухконтурна, з коректором гальмівних зусиль, АБС. Запасна гальмівна система - один з контурів робочої гальмівної системи. Стояночна гальмівна система - пружинні енергоакумулятори з приводом на гальмівні механізми задніх коліс. Додаткова гальмівна система - моторні гальма на випускному тракті двигуна. Гальмівні механізми передніх і задніх коліс - барабанні.
Обладнання для забезпечення безпеки	АБС
Електрична система, акумулятори	Номінальна напруга - 24 V, генератор - 28 V, 90 A, два стартери 6СТІ90
Паливний бак, л	260
Витрати палива, л \ 100 км	У міському режимі - 28 (при швидкості 60 км/год), 23,4 (при швидкості 80 км/год)
Колеса і покришки	Безкамерні, низькопрофільні 315/70R22,5

Таблиця 2.4

Технічна характеристика автобусу БАЗ-А079.14

Тип кузова	Рамний, з переднім розміщенням двигуна
Шасі	TATA LP-613/38 BUS
Пасажиромісткість: трьохрядне планування салону: - загальна - в т. ч. місць для сидіння чотирьохрядне планування салону: - загальна - в т. ч. місць для сидіння	 40 19 38 22
Габаритні розміри, мм: довжина / ширина / висота	7150 / 2260 / 2888
Колісна база, мм: передніх / задніх	1660 / 1577
Маса спорядженого автобусу, кг	4 750
Повна конструктивна маса, кг:	7 730
Двигун модель, тип кількість і розташування циліндрів робочий об'єм, л максимальний крутячий момент, Нм система охолодження максимальна потужність, кВт (л.с.)	Дизельний, ТАТА 697 TC55L 6-ти рядне 5,675 416 Рідинна 101,5(138)
Витрати палива, л/100 км при швидкості 60 км/год при швидкості 80 км/год	 15,0 22,0

Коробка передач	Механічна, 5-ти ступенева
Підвіска передніх	Залежна, ресорна на 2 напівеліптичних ресорах з телескопічними амортизаторами 2-х сторонньої дії і стабілізатором поперечної стійкості Залежна, ресорна на 2 напівеліптичних ресорах і стабілізатором поперечної стійкості
задніх	
Рульове управління	3 гідропідсилювачем
Пасажи́рські двері	Одностворчаті з пневматичним приводом
Гальмівна система робоча стояночна	Пневматична, двоконтурна з ABS. 3 пружинним енергоакумуляторами
Об'єм багажних відсіків, м³	0,24
Шини	215/75 R17,5
Система опалення	Автономна від рідинного опалювача WEBASTO
Максимальна швидкість руху, км/год	90

Таблиця 2.5

Технічна характеристика автобусу БАЗ-А148

Тип кузова	Цільнометалевий, вагонного типу, інтегрований з шасі
Шасі	FAW CA 6102 D 92-1
Пасажиромісткість:	79 23
- загальна	
- в т. ч. місць для сидіння	
Габаритні розміри, мм: довжина / ширина / висота	10 280 / 2 480 / 2 980
Колісна база, мм:	5000
Колія коліс, мм: передніх / задніх	1900 / 1836
Маса спорядженого автобусу, кг	8 600
Повна конструктивна маса, кг:	14 000

Двигун: модель, тип кількість і розташування циліндрів максимальний крутячий момент, Нм(кГм) система живлення система охолодження максимальна потужність, кВт (л.с.)	FAW CA 6DE2-18,4-х такт ний, з турбонадувом 6-ти рядне 680,0 (69,3) 3 примусовою подачею палива Рідинна 132 (179,5)
Витрати палива, л/100 км при швидкості 60 км/год при швидкості 80 км/год	24,0 28,0
Коробка передач	Механічна, 6-ти ступенева, синхронізована на всіх передачах переднього ходу
Підвіска передніх задніх	Залежна, ресорна, з телескопічними амортизаторами 2-х сторонньої дії і стабілізатором поперечної стійкості Залежна, ресорна з телескопічними амортизаторами 2-х сторонньої дії і стабілізатором поперечної стійкості
Рульове управління	Інтегрального типу
Двері передні і задні середні	Одностворчаті з пневматичним приводом Двухстворчаті з пневматичним приводом
Гальмівна система робоча / запасна / стояночна	Пневматична, двоконтурна з АБС / суміщена з одним із контурів робочої гальмівної системи / з приводом на гальмівні механізми задніх коліс від пружинних енергоакумуляторів
Шини	Радіальні 9,00R20
Система опалення	Автономний рідинний опалювач проточного типу і опалювачі радіаторного типу, з'єднанні із системою охолодження двигуна автобусу
Максимальна швидкість руху, км/год	85

2.3. Техніко-економічне обґрунтування експлуатаційної доцільності нового маршруту

Оцінка фінансової ефективності відкриття нового маршруту розпочинається з розрахунку потенційного доходу від одного кругорейсу, що є

ключовою одиницею транспортної роботи. Дохід коригується з урахуванням сучасних економічних реалій, зокрема, частки пільгових перевезень та коефіцієнта завантаження.

Дохідна частина маршруту формується за рахунок пасажиропотоку та встановленого тарифу на перевезення. Для об'єктивності розрахунків враховуються коефіцієнт змінюваності пасажирів, частка пільговиків та інші важливі параметри (табл. 2.6).

Таблиця 2.6

Вихідні дані

Показник	Значення
Тип рухомого складу	низькопідлоговий міський автобус великої місткості (12–18 м)
Розрахункова пасажиромісткість на оборотний рейс, $N_{пр}$, ос.	162 (для прикладу розрахунку)
Довжина оборотного рейсу, L , км	15
Час оборотного рейсу, T_r , год	0,58
Частка пільгових пасажирів, U_l	0,07 (7%)
Коефіцієнт змінюваності пасажирів, K_z	1,00
Коефіцієнт використання місткості, K_m	1,10
Тариф (брутто, з ПДВ), t , грн/пас.	15
Ставка ПДВ	20%
Ціна дизельного пального, C_p , грн/л	65
Базова норма витрати пального, HS , л/100 км	37
Коригуючий коеф. умов експлуатації, K	0,15

продовження таблиці 2.6

Коефіцієнт мастил, КСМ	1,02
Ефективна погодинна ставка водія, тгод, грн/год	180
Кількість автошин, Nш, шт	8
Ціна однієї шини, Цш, грн	12 000
Ресурс шини, НЕш, км	65 000
Коригуючий коеф. ресурсу шини, Кш	0,95
Норматив на ТО і Р, сТОР, грн/км	3,0
Вартість автобуса, ЦА, грн	12 000 000
Строк корисного використання, Тексп, років	10 (амортизація прямолінійна)
Експлуатаційний режим	16 оборотних рейсів/доба; 30 діб/місяць → 480 рейсів/місяць

Доходи за рейс (брутто) визначаємо із використанням аналітичної залежності:

$$D_{\text{брутто}} = \tau \cdot N_{\text{пр}} \cdot (1 - U_{\text{л}}) \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{з}}, \quad (2.1)$$

$$D_{\text{брутто}} = 15 \cdot 137,94 = 2485,89 \text{ грн.}$$

Доходи без ПДВ:

$$D = D_{\text{брутто}} / (1 + \text{ПДВ}), \quad (2.2)$$

$$D = 2485,89 / 1,20 = 2071,58 \text{ грн.}$$

Заробітна плата водія транспортного засобу за рейс обчислюється за формулою:

$$C_{\text{зп}} = t_{\text{г.од}} \cdot T_{\text{р}}, \quad (2.3)$$

$$C_{\text{зп}} = 180 \cdot 0,58 = 104,40 \text{ грн.}$$

Витрати на паливно-мастильні матеріали (ПММ) за рейс визначаємо як:

$$C_{\text{ПММ}} = HS \cdot (1 + K) \cdot (L/100) \cdot K_{\text{СМ}} \cdot \text{Ц}_{\text{ш}}, \quad (2.4)$$

$$C_{\text{ПММ}} = 37 \cdot 1,15 \cdot (15/100) \cdot 1,02 \cdot 65 = 423,16 \text{ грн.}$$

Витрати на знос шин обчислюємо за формулою:

$$C_{\text{ш}} = (N_{\text{ш}} \cdot \text{Ц}_{\text{ш}}) / (H E_{\text{ш}} \cdot K_{\text{ш}}) \cdot L, \quad (2.5)$$

$$C_{\text{ш}} = (8 \cdot 12000) / (65000 \cdot 0,95) \cdot 15 = 23,32 \text{ грн.}$$

Витрати пов'язані із ТО та ремонтом ТЗ обчислюємо за аналітичною залежністю:

$$C_{\text{ТОР}} = c_{\text{ТОР}} \cdot L, \quad (2.6)$$

$$C_{\text{ТОР}} = 3,0 \cdot 15 = 45,00 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування за рейс рівні:

$$A_{\text{рейс}} = (\text{Ц}_A / (T_{\text{експ}} \cdot 12)) / (n_p / d \cdot d_{\text{міс}}), \quad (2.7)$$

$$A_{\text{рейс}} = (12000000 / (10 \cdot 12)) / (16 \cdot 30) = 208,33 \text{ грн.}$$

Загальні витрати визначаємо за формулою:

$$C_{\Sigma} = C_{\text{ЗП}} + C_{\text{ПММ}} + C_{\text{ш}} + C_{\text{ТОР}} + A_{\text{рейс}}, \quad (2.8)$$

$$C_{\Sigma} = 804,21 \text{ грн.}$$

Прибуток та рентабельність рівна:

$$\Pi = D - C_{\Sigma}; R(\%) = 100 \cdot \Pi / C_{\Sigma}, \quad (2.9)$$

Прибуток (без ПДВ): $\Pi = 2\,071,58 - 1\,804,21 = 1\,267,36 \text{ грн/рейс.}$

Рентабельність: $R = 57,6 \%$.

Місячні підсумки (480 рейсів): Доходи брутто: $2\,485,89 \cdot 480 = 1\,193\,227,20 \text{ грн.}$, доходи без ПДВ: $D_{\text{міс}} = 2\,071,58 \cdot 480 = 994\,358,40 \text{ грн.}$, Витрати: $C_{\Sigma, \text{міс}} = 804,21 \cdot 480 = 386\,020,80 \text{ грн.}$, прибуток - $\Pi_{\text{міс}} = 994\,358,40 - 386\,020,80 = 608\,337,60 \text{ грн.}$

Таблиця 2.7

Техніко-економічні показники досліджуваного маршруту

Показник	Значення
Найменування маршруту	вул. Дебенко ("Мирне") — пров. Добровольців (ж/м "Перемога")
Тип маршруту	міський
Категорія обслуговування	маршрут міського сполучення
Рухомий склад	низькопідлоговий автобус великої місткості (12–18 м)
Довжина оборотного рейсу, км	15
Час оборотного рейсу, хв	35
Встановлений тариф, грн (брутто, з ПДВ)	15
Інтервал руху у «пік», хв	10
Інтервал руху у «міжпік», хв	10
Кількість оборотних рейсів/добу	16

продовження таблиці 2.7

Кількість оборотних рейсів/місяць	480
Пасажирів за оборотний рейс, ос.	162 (фактично платних ~138 з урах. <i>Ул</i> та <i>Км</i>)
Пасажирів за місяць, ос.	~77 760 (фактичних платних ~66 210)

Таблиця 2.8

Економічні показники на один транспортний засіб

Показник	За рейс, грн	За місяць, грн
Доходи (без ПДВ)	2 071,58	994 358,40
Витрати всього	804,21	386 020,80
у т.ч. заробітна плата водія	104,40	50 112,00
ПММ	423,16	203 116,80
Знос та ремонт автошин	23,32	11 193,60
ТО та ремонт	45,00	21 600,00
Амортизація	208,33	99 998,40
Прибуток	1 267,36	608 337,60
Рентабельність, %	157,6	157,6

Таблиця 2.9

Економічна ефективність відкриття маршруту

Показник	Позначення	На 1 рейс	На 1 день	На 1 місяць
Доходи (без ПДВ), грн	D	2 071,58	33 145,28	994 358,40
Зарплата водія, грн	$C_{ЗП}$	104,40	1 670,40	50 112,00
ПММ, грн	$C_{ПММ}$	423,16	6 770,56	203 116,80
Знос шин, грн	$C_{ш}$	23,32	372,96	11 193,60
ТО та ремонт, грн	$C_{ТОР}$	45,00	720,00	21 600,00
Амортизація, грн	$A_{рейс}$	208,33	3 333,28	99 998,40
Загальні витрати, грн	C_{Σ}	804,21	12 867,36	386 020,80
Прибуток, грн	Π	1 267,36	20 277,92	608 337,60
Рентабельність, %	R	57,6	57,6	57,6

Доцільність відкриття маршруту підтверджується позитивними фінансовими результатами за базовим сценарієм 2025 року: прибуток $\approx 1\,267$ грн/рейс і ≈ 608 тис. грн/міс (без ПДВ) за умов прийнятих інтенсивності руху та тарифу. Ключовими факторами чутливості є ціна пального, фактичний пасажиропотік (особливо у «пікові» години) та амортизаційна політика (строк служби/ціна РС).

2.4. Узгодження розкладів руху громадського транспорту на спільних ділянках та удосконалення параметрів функціонування транспортної мережі

Метою узгодження розкладів руху громадського транспорту на спільних ділянках є забезпечення не лише рівномірне чергування відправлень кількох маршрутів на спільній ділянці, а й стабілізацію сумарного інтервалу без накладок і «хвиль», з урахуванням просторово-часового попиту, тривалості оборотного рейсу та пасажиромісткості рухомого складу. При цьому мета конкретизується такими підзадачами:

- Сервіс і регулярність. Досягти цільового результуючого інтервалу на спільній ділянці та утримувати його в межах допустимого відхилення (регулярність/коефіцієнт варіації інтервалів), щоб скоротити очікування пасажирів у пікові та міжпікові періоди.
- Баланс попиту і пропозиції. Розподілити частоти між маршрутами пропорційно інтенсивності пасажиропотоків на спільному відрізку, не допускаючи систематичного перевантаження салонів і відмов у посадці.
- Керованість і фазування. Встановити початкові часові зсуви між відправленнями (фази), які забезпечують інтерлейсинг рейсів без перетинів і накопичення затримок, із можливістю оперативного коригування диспетчерськими засобами.

- Операційна ефективність. Узгодити інтервали з тривалістю обороту, резервами, перервами водіїв і ресурсними обмеженнями депо/АТП, мінімізуючи додатковий випуск і позапланові простої.
- Комфорт і доступність. Гарантувати нормативні показники заповнення салону, доступність для маломобільних груп, інформування про інтервали/пересадки на спільній ділянці.
- Стійкість і надійність. Забезпечити робастність до коливань швидкості, нерівномірних посадок і випадкових збоїв (ремонти, об'їзди), передбачивши сценарії швидкого перерозподілу частот і фаз.
- Актуальність даних. Використовувати телеметрію (GPS/AVL) та валідації/кліки електронної оплати для постійного оновлення профілів попиту й часу обороту, щоб підтримувати налаштування інтервалів і фазування на рівні фактичних умов.

У підсумку, ціль формулюється як багатокритеріальна: мінімізувати сумарний час «очікування+їзда» пасажирів на спільній ділянці за умови дотримання регулярності, місткості, трудових і технологічних обмежень, із максимально можливою керованістю розкладу та стійкістю до збурень.

Позначення які використовуються при формування математичної моделі досліджуваних процесів. I - опорний інтервал (хв); I'_i - узгоджений інтервал для маршруту i (хв); Q_i - попит маршруту i за аналізований період (пас.); Q_{max} - найбільший попит серед Q_i ; $T_{об,i}$ - час обороту маршруту i (хв); $T_{об,зм}$ - час обороту зразкового маршруту (хв); $A_{існ,i}$ - чинний випуск (од.); $A_{потр,i}$ - потрібний випуск (од.); $\Delta A_{сум,i}$ - корекція випуску (од.); $\Delta t_{зм,i}$ - початковий часовий зсув для маршруту i (хв); n - кількість маршрутів; C_i - місткість ТЗ (місць); PKM_i - пасажиро-кілометри (пас·км); L_i - довжина маршруту (км); N_i - кількість рейсів; $t_{ін}$ - середня довжина поїздки (км).

Зведення інтервалів до узгодженої кратності. Використовуємо попитово-часовий перерахунок опорного інтервалу. Узгоджений інтервал для маршруту i :

$$I'_i = I \cdot (Q_{max} \cdot T_{об,зм}) / (Q_i \cdot T_{об,i}) \quad (2.9)$$

При меншому попиті або довшому обороті інтервал зростає, і навпаки. Після перерахунку практично застосовують округлення до сітки I (напр., 3,5 хв у піку) для зручності диспетчеризації.

Коригування випуску рухомого складу. Необхідна кількість транспортних засобів для маршруту i визначається за формулою:

$$A_{\text{потр},i} = T_{\text{об},i} / I'_i \quad (2.10)$$

Різниця між необхідним та наявним випуском громадського транспорту на пасажирський маршрут встановлюється за залежністю:

$$\Delta A_{\text{сум},i} = A_{\text{потр},i} - A_{\text{існ},i}, \quad (2.11)$$

Фазування (початкові часові зсуви) на спільній ділянці. Щоб рейси різних маршрутів інтерлейсувалися без накладок, задаємо рівномірні фази відносно контрольної точки. Для n маршрутів та цільового результуючого інтервалу I :

$$\Delta t_{\text{зм},i} = (i - 1) \cdot I^* / n, i = 1, \dots, n \quad (2.12)$$

Якщо частоти різні, будуємо «слотову» сітку з кроком I у межах контрольного циклу та розкладаємо перші відправлення пропорційно частотам.

Перевірка заповнення салону (навантажена ділянка). Відстане-зважений коефіцієнт заповнення на маршруті i :

$$K_{\{\text{нн},i\}} = PKM_i / (C_i \cdot L_i \cdot N_i). \quad (2.13)$$

За перевищень допустимого завантаження коригуємо I'_i (зменшуємо інтервал), зсуваємо фази $\Delta t_{\{\text{зм},i\}}$ або підсилюємо дублювальним маршрутом.

Середня довжина поїздки пасажирів

Оцінка для балансування випуску з урахуванням просторової структури попиту:

$$l_{in} = PKM / Q. \quad (2.14)$$

Алгоритм розробки графіків руку подано на рисунку 2.2.

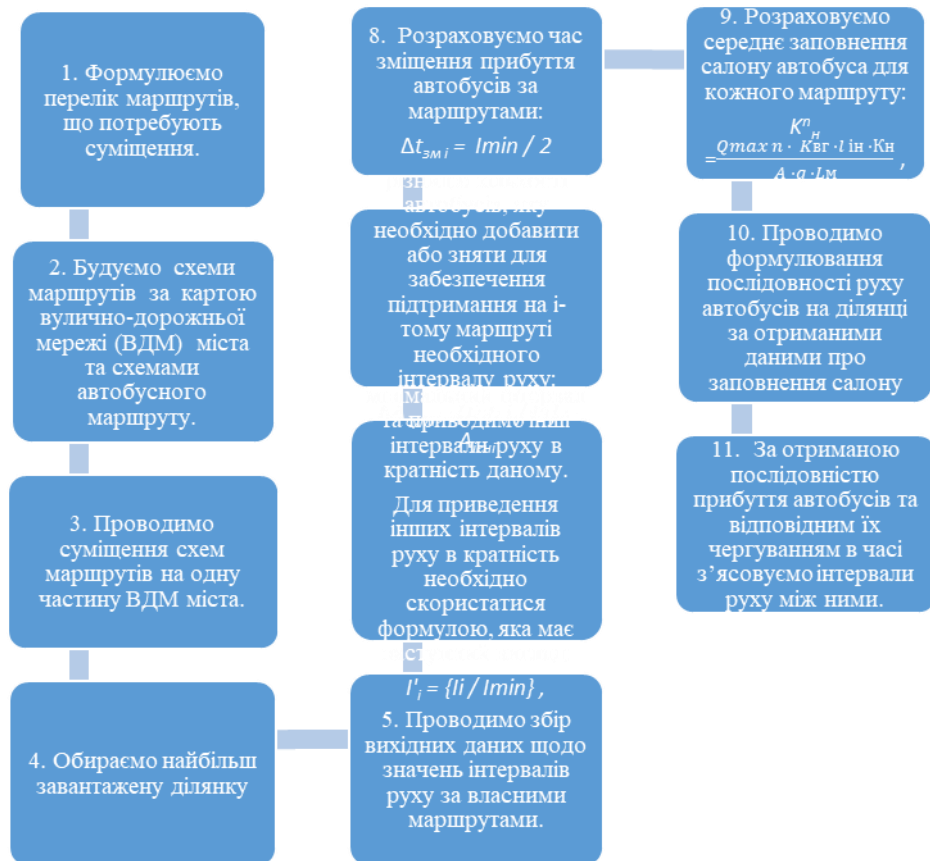


Рисунок 2.2 - Етапи розроблення розкладу руку пасажирського транспорту

Щоб перевірити, як упровадження експресного руку змінює стан пасажирських перевезень, доцільно використовувати звужений, але інформативний набір індикаторів, вилучивши з аналізу параметри, значення яких не залежать від обраних дій (управлінських рішень) у транспортній системі. Такий підхід спрощує інтерпретацію результатів і мінімізує «шум» від фонових чинників.

Систему перевезень вважають високоефективною, якщо за заданих умов і в установлені строки вона повністю виконує транспортну задачу при

мінімально можливих витратах ресурсів. Відповідно, критерії ефективності мають охоплювати як результати використання (якість сервісу, своєчасність, комфорт), так і витрати на функціонування (експлуатаційні, інвестиційні, екологічні), відображаючи призначення системи. Вимоги до індикаторів: чутливість до керованих параметрів, кількісна визначеність, універсальність та придатність до порівняльного аналізу (між сценаріями, періодами, коридорами).

Призначення міського пасажирського транспорту - задоволення попиту з дотриманням узгодженого рівня обслуговування. Методологічна база оцінювання в Україні спирається на державні стандарти якості та галузеві керівництва; вибір конкретної номенклатури показників і методики розрахунку визначається завданням дослідження і має бути чітко обґрунтований дослідником.

Ключові стейкхолдери - пасажирів, перевізники та органи місцевого самоврядування. За результатами європейських опитувань, пасажирів найвагомніше оцінюють час переміщення та вартість поїздки; з урахуванням сучасних реалій до цього переліку додаються регулярність, зручність пересадок, доступність оплати (безконтакт/мобільні рішення) та комфорт (низькопідлоговість, клімат-контроль, інформація в салоні).

Формування раціональних графіків ґрунтується на матрицях пасажирських кореспонденцій між транспортними районами (OD-матрицях), що дають просторово-часовий розподіл попиту. Використання таких матеріалів при проєктуванні маршрутної системи дозволяє максимально відповідати потребам населення та раціонально використовувати рухомий склад.

Дослідження стабільно показують концентрацію потоків між периферією та центральними районами, а також до/від великих вузлів (залізничні та міжміські вокзали). Саме на цих коридорах доцільно розглядати швидкісні/експресні сполучення, де зменшується кількість зупинок, підвищується середня швидкість та забезпечується пріоритет на перетинах.

Експресний режим упроваджується тоді, коли виграв у русі перекидає додаткові витрати доступу/очікування. Тобто:

$$t_{пyx.e} - t_{пyx.зг} = \frac{60 \cdot l_{c.e}}{V_{c.e}} - \frac{60 \cdot l_{c.зг}}{V_{c.зг}}, \quad (2.15)$$

Кількість транспортних засобів для роботи на пасажирському маршруті в експресному режимі визначають за співвідношенням між часом обороту та інтервалом руху:

$$A_e = \frac{T_{об.e}}{I_e}, \quad (2.16)$$

Одним із ключових завдань на цьому етапі є узгоджене визначення інтервалів руху автобусів та часу їх обороту на маршруті, оскільки саме ця пара параметрів задає необхідний випуск рухомого складу, регулярність сервісу і стійкість розкладу до збурень. Інтервал пов'язується з тривалістю оборотного рейсу класичною пропорцією, тоді як сам оборот деталізують через складові «рух + зупинки + резерв», що дозволяє прямо врахувати швидкісні умови, технологію посадки/висадки та регламентні паузи на кінцевих.

$$I_e = I \cdot \frac{Q_{\max} \cdot T_{об.зг}}{Q_e \cdot T_{об.e}}, \quad (2.17)$$

$$T_{об.e} = t_{пyx} + t_{зуп.e} \cdot n + t_{відст}, \quad (2.18)$$

Швидкість сполучення в експресному режимі, порівняно зі звичайним, визначально залежить від кількості проміжних зупинок, що фактично обслуговуються на маршруті. Скорочення переліку зупиночних пунктів безпосередньо зменшує сумарний час стоянок і втрати на розгін/гальмування, що підвищує середню експлуатаційну швидкість і зменшує час поїздки «у русі».

2.5. Розрахунок зведеного розкладу руху автобусів на маршруті

Для побудови зведеного розкладу потрібні такі параметри експлуатації пасажирського маршруту:

- кількість одиниць рухомого складу на випуску A (од.);
- час оборотного рейсу $T_{\text{ц}}$ (хв);
- головний інтервал руху h (хв).

Усі перелічені величини визначено в межах техніко-економічного обґрунтування на підставі експлуатаційної швидкості, отриманої під час виїзного обстеження і аналізу швидкісного режиму на перегонах. З урахуванням планувальних і організаційних особливостей маршруту експлуатаційна швидкість прийнята однаковою в обох напрямках: $V_e = 25,9$ км/год.

Шлях, який проходить автобус за одну хвилину руху:

$$s_{\text{хв}} = V_e / 60 = 25,9 / 60 = 0,4317 \text{ км/хв} (\approx 0,43 \text{ км/хв}).$$

Час оборотного рейсу (для довжини обороту L , км) визначаємо за аналітичною залежністю:

$$T_{\text{ц}} = (L / V_e) \cdot 60, \quad (2.9)$$

Головний інтервал руху як функція випуску ТЗ на пасажирський маршрут розраховується за формулою:

$$h = T_{\text{ц}} / A, \quad (2.10)$$

де A - кількість автобусів на маршруті (наприклад, $A = 10$ у пікові періоди).

Співвідношення (2.9) забезпечує погодження графіка з фактичною швидкістю руху, а (2.10) - пропорційний зв'язок між інтервалом і випуском: збільшення A зменшує h і навпаки.

Для базового формування зведеного розкладу приймаємо два режимні стани:

- піковий період: $A_{\text{пiк}} = 10 \rightarrow h_{\text{пiк}} \approx T_{\text{ц}} / 10$. За типової довжини обороту міського маршруту $L \approx 15$ км маємо $T_{\text{ц}} \approx (15 / 25,9) \cdot 60 \approx 34,79$ хв, отже $h_{\text{пiк}} \approx 3,48$ хв. Для зручності диспетчеризації приймаємо усереднений інтервал $\approx 3,5$ хв і реалізуємо його чергуванням 3/4 хв (послідовність: 3, 4, 3, 4, ...).

- міжпіковий період: для підвищення економічної ефективності зменшуємо випуск до, наприклад, $A_{\text{мiжпiк}} = 4$, тоді $h_{\text{мiжпiк}} \approx T_{\text{ц}} / 4 \approx 8,70$ хв. Приймаємо нормативно-зручне значення 9 хв.

Таким чином, прийнятий інтервал 9 хв використовується як базовий для міжпікових відрізків доби, тоді як у пікові «вікна» застосовується загушення до $\approx 3,5$ хв.

Час роботи на маршруті узгоджується із замовником та встановлений у межах: $T_{\text{роб}} = 05:55\text{--}23:36$.

Режим праці та відпочинку водіїв відповідає вимогам чинних норм: перерва на обід надається після кожних приблизно 4 год роботи, тривалість не менше 45 хв і не більше 2 год. Перебування транспортного засобу в режимі відстою не повинно перевищувати 4 год. Для недопущення переробітку рекомендовано двозмінну організацію: у першу зміну працює один водій, у другу - інший. Загальна тривалість роботи водія не більше 10 год/добу, час на лінії - не більше 9 год.

Алгоритм формування розкладу має такий вигляд:

1. Обчислити $T_{\text{ц}}$ за (2.9) із фактичними L та V_e .
2. Задати випуск A для пікових і міжпікових періодів; отримати h за (2.10).
3. Сформувати сітку відправлень для прямого та зворотного напрямків:
 - у піку - інтервал $\approx 3,5$ хв через чергування 3/4 хв (уникнення секундних позначок у табличному форматі);
 - у міжпiк - інтервал 9 хв;
 - за потреби застосувати фазовий зсув зворотного напрямку (наприклад, +2 хв у піку та +4,5 хв у міжпiк) для рознесення підходів на спільних зупинках і вирівнювання пасажиропотоку.

4. Вбудувати обідні перерви у «м'які» ділянки розкладу (міжпik, технологічні «кишені» на кінцевих), зберігаючи регулярність випуску та узгодженість підходів.

Зведений розклад руху подано у табл. 2.10, а схема маршруту - на рисунку 2.3.

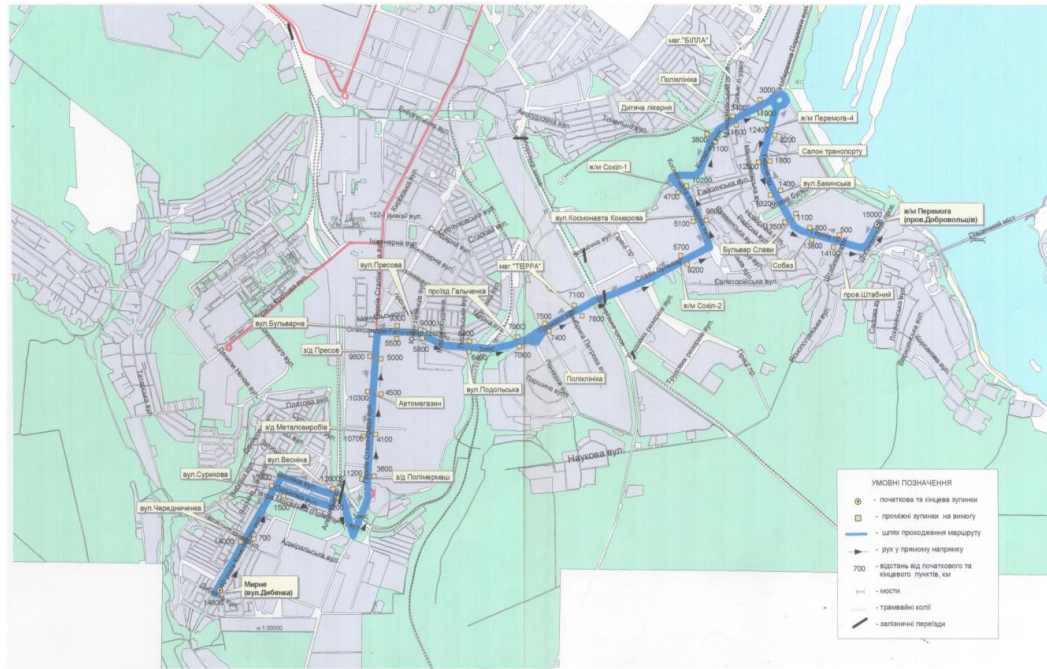


Рисунок 2.2 - Схема маршруту, що розглядається

Таблиця 2.10

Зведений розклад руху автобусів

Напрямок	Період доби	К-ть автобусів, А (од.)	Головний інтервал, h (хв)	Початок періоду	Відправлення (перші 10 значень)
Прямий	Пік (06:00–09:00)	10	≈3,5 (чергування 3/4 хв)	06:00	06:00; 06:03; 06:07; 06:10; 06:14; 06:17; 06:21; 06:24; 06:28; 06:31
Прямий	Міжпik (09:00–16:00)	4	9	09:00	09:00; 09:09; 09:18; 09:27; 09:36; 09:45; 09:54; 10:03; 10:12; 10:21
Прямий	Пік (16:00–18:00)	10	≈3,5 (чергування 3/4 хв)	16:00	16:00; 16:03; 16:07; 16:10; 16:14; 16:17; 16:21; 16:24; 16:28; 16:31

продовження таблиці 2.10

Прямий	Міжпід (18:00– 23:36)	4	9	18:00	18:00; 18:09; 18:18; 18:27; 18:36; 18:45; 18:54; 19:03; 19:12; 19:21
Зворотний	Під (06:00– 09:00)	10	$\approx 3,5$ (зсув +2 хв)	06:02	06:02; 06:05; 06:09; 06:12; 06:16; 06:19; 06:23; 06:26; 06:30; 06:33
Зворотний	Міжпід (09:00– 16:00)	4	9 (зсув +4,5 хв)	09:04	09:04; 09:13; 09:22; 09:31; 09:40; 09:49; 09:58; 10:07; 10:16; 10:25
Зворотний	Під (16:00– 18:00)	10	$\approx 3,5$ (зсув +2 хв)	16:02	16:02; 16:05; 16:09; 16:12; 16:16; 16:19; 16:23; 16:26; 16:30; 16:33
Зворотний	Міжпід (18:00– 23:36)	4	9 (зсув +4,5 хв)	18:04	18:04; 18:13; 18:22; 18:31; 18:40; 18:49; 18:58; 19:07; 19:16; 19:25

Отримані значення $T_{\text{ц}}$, h та узгоджені випуски на пікові/міжпикові періоди є базою для складання зведеного розкладу. Прийняття середнього інтервалу $\approx 3,5$ хв у піку та 9 хв у міжпід, а також застосування фазового зсуву між напрямками забезпечують регулярність руху, вирівнювання наповнюваності та відповідність вимогам до режиму праці водіїв.

РОЗДІЛ 3. ПРОЦЕС ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МІСЬКИМ ГРОМАДСЬКИМ ТРАНСПОРТОМ

3.1 Структура системи, підсистеми та канали обміну

АСУ МГТ - це розподілена телематично-аналітична система, що забезпечує безперервний моніторинг, диспетчеризацію та аналітику роботи наземного міського громадського транспорту в режимі реального часу (рис. 3.1). Система включає бортові телематичні комплекти транспортних засобів (ПРО), центральну диспетчерську інфраструктуру (ЦДП) та прикладні сервіси для візуалізації, звітності й інтеграції з міськими платформами. Оновлення 2025 р.: підтримка LTE/4G/5G із профілями NB-IoT/LTE-M, GNSS (GPS/Galileo/BeiDou), захист трафіку TLS 1.3 та VPN, потокова інтеграція через GTFS-Realtime та відкриті API.

Система реалізує повний цикл «збір → передавання → зберігання → оброблення → візуалізація → керування», поєднуючи ПРО, ЦДП та безпечні канали зв'язку. ПРО формує телематичні пакети (AVL/APC, події, телеметрія) із частотою 1–5 с для позиціювання та 10–60 с для допоміжних параметрів, а також використовує локальну буферизацію (store-and-forward) для стійкості при втраті радіопокриття.

ПРО (бортове обладнання): GNSS-приймач; модем стільникового зв'язку LTE/4G/5G; контролер із захищеним завантаженням OTA; інтерфейси CAN/FMS, RS-485, Ethernet; цифрові входи/виходи для датчиків; модуль індикації/зв'язку для водія (голосовий канал, SOS, службові повідомлення).

ЦДП (серверне та програмне забезпечення): Кластер застосунків і БД з реплікацією; брокер подій для поточкових даних; ГІС-платформа; веб-клієнт диспетчеризації; DWH для історичних даних; SIEM-інтеграція та контроль доступів (ролі, 2FA).

Канали зв'язку: Стільникові мережі з підтримкою IPv6, політики QoS, мульти-SIM/мульти-APN, резервного провайдера; передавання даних HTTPS/MQTT over TLS 1.3; VPN-тунелі (IPsec/WireGuard).

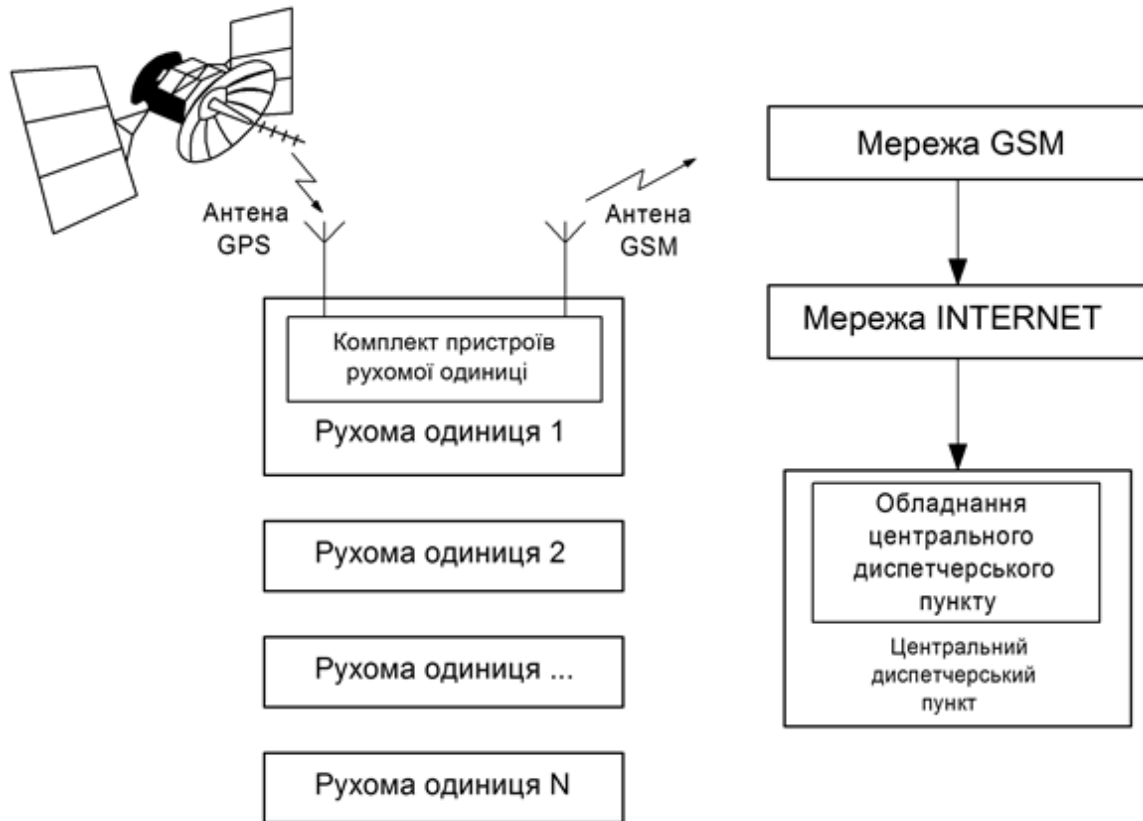


Рисунок 3.1 - Узагальнена структурно-функціональна схема АСУ МГТ

3.2. Комплект пристроїв рухомих одиниць (ПРО)

Комплект пристроїв рухомих одиниць являє собою сукупність технічних засобів і програмних модулів, що забезпечують визначення параметрів руху, контроль технічного стану транспортного засобу та організацію обміну даними з центральним диспетчерським пунктом (ЦДП) (рис. 3.2.).



Рисунок 3.2 - Структура обладнання центрального диспетчерського пункту (ЦДП)

До складу ПРО входять:

- блок керування, який об'єднує GNSS-приймач, модем стільникового зв'язку, модулі датчиків та інтерфейсні плати;
- блок індикації для відображення інформації та взаємодії з водієм;
- система датчиків та виконавчих механізмів, що контролюють стан та забезпечують керування окремими функціями транспортного засобу;
- програмне забезпечення, яке виконує обробку, збереження та передавання даних.

Центральний модуль системи, який визначає координати, швидкість та напрямок руху за допомогою вбудованого GNSS-приймача. Дані фіксуються у внутрішній пам'яті та надсилаються до ЦДП через стільникову мережу (LTE/4G/5G) із застосуванням захищених протоколів передачі.

Налаштування блоку керування здійснюється дистанційно з центрального пункту через відповідні канали зв'язку. Диспетчер отримує повний набір інструментів для моніторингу стану ПРО, формування запитів на дані, їх відображення та архівацію.

Основні функції блоку керування:

1. Визначення координат і параметрів руху.
2. Збереження інформації у внутрішній пам'яті.
3. Передавання даних на запит ЦДП.

4. Автоматична передача телеметрії при виникненні подій.
5. Шифрування службової інформації.
6. Використання різних каналів зв'язку для обміну даними.

GNSS-приймач використовує сигнали супутникових систем, що надходять через зовнішню антену. Швидкість визначення координат залежить від режиму старту: холодного (первинне вмикання), теплого (повторне ввімкнення із наявністю попередніх координат) та гарячого (коротке відключення без зміни місцезнаходження).

Блок керування живиться від бортової мережі транспортного засобу. Для роботи зі стільниковою мережею застосовуються зовнішня GSM/LTE-антена та SIM/eSIM-карта. У разі потреби можливе передавання даних на диспетчерську станцію через кабельне підключення.

Блок індикації служить для обміну інформацією між водієм і диспетчером, а також для індикації технічних параметрів системи.

Функціонал блоку індикації:

- забезпечення голосового зв'язку з диспетчером (через динамік і мікрофон, гучний зв'язок чи гарнітуру);
- відображення службових повідомлень (годинник, таймер, рівень мобільного сигналу, коректність GNSS-визначення, виклики та повідомлення);
- індикація наявності резервного живлення;
- сигналізація про вхідні повідомлення та стан роботи в домашній мережі чи роумінгу;
- регулювання гучності викликів та сигналів;
- можливість відправлення SOS-повідомлень і ініціювання голосового зв'язку.

Датчики та виконавчі пристрої

Датчики дозволяють фіксувати стан окремих систем транспортного засобу (рівень палива, положення дверей, заповненість салону тощо). Виконавчі механізми, у свою чергу, дають змогу дистанційно керувати функціями ТЗ - наприклад, увімкненням чи вимкненням запалювання, світлової або звукової сигналізації.

Програмне забезпечення ПРО виконує формування, збереження й обробку інформації про рух та стан транспортного засобу. Дані структуруються у вигляді інформаційних записів, що включають:

- час, широту, довготу, висоту, напрямок і швидкість руху;
- показники датчиків;
- службову інформацію.

Записи зберігаються у внутрішній пам'яті блоку керування, а також можуть дублюватися на зовнішніх носіях (наприклад, SMART-карті). ПЗ здатне виконувати відбір та стискання даних перед передаванням, що мінімізує обсяг інформаційних пакетів.

Передавання даних можливе у двох режимах:

- за запитом диспетчера (система формує відповідь на надісланий запит);
- в автоматичному режимі (повідомлення надсилаються при настанні визначених подій: закінчення інтервалу часу, пройдена відстань, спрацювання датчика, перетин геозони, натискання кнопки SOS тощо).

Вся службова інформація шифрується, що унеможливорює несанкціонований доступ і підвищує надійність системи. Протоколи обміну передбачають взаємну автентифікацію блоку керування та ЦДП, що виключає можливість дублювання управління однією рухомою одиницею з кількох диспетчерських центрів.

3.3. Обладнання центрального диспетчерського пункту

Центральний диспетчерський пункт (ЦДП) - це ядро автоматизованої системи управління міським транспортом. Він забезпечує прийом, обробку, збереження та візуалізацію телематичної інформації від рухомих одиниць. До складу ЦДП входять:

- локальна обчислювальна мережа з доступом до мережі Інтернет;
- серверний комплекс (основний та резервний сервери);

- робочі станції диспетчерів;
- засоби відображення інформації (мультимедійні системи, проектори, відеостіна);
- програмне забезпечення (WEB-сервер, СУБД, модулі керування, картографічні сервіси).

Локальна обчислювальна мережа (ЛОМ) забезпечує взаємодію всіх функціональних компонентів ЦДП. Основні завдання:

- підключення до мережі Інтернет для обміну телематичними даними;
- організація централізованої роботи з базою даних;
- регламентований доступ до ресурсів із робочих місць диспетчерів.

На даний час використовуються керовані комутатори Ethernet/Gigabit Ethernet зі швидкістю передавання не нижче 1 Гбіт/с та підтримкою стандартів IEEE 802.3. Для підключення до Інтернету застосовують маршрутизатори корпоративного класу (замість застарілих ADSL) з підтримкою оптичних каналів зв'язку, резервуванням та VPN-технологіями. Це забезпечує високу пропускну здатність і захист мережі від перевантажень і атак.

Серверний кластер забезпечує:

- прийом і передавання даних від рухомих одиниць;
- збереження в базі даних інформації, отриманої від блоків керування;
- доступ диспетчерів і аналітиків до телеметрії та історичних записів.

Сервери мають фіксовані IP-адреси, підтримують політику NAT і працюють у режимі primary–standby з автоматичним перемиканням у разі збою. Така архітектура забезпечує безперервність роботи навіть при відмові одного з вузлів. Передбачене наскрізне шифрування даних і автентифікація взаємодіючих компонентів.

Робочі станції слугують основними робочими місцями диспетчерів. Вони призначені для:

- обробки та відображення даних з бази на сервері;
- моніторингу рухомих одиниць у режимі реального часу;

- управління транспортними засобами через відповідні програмні модулі.

Робочі станції обладнані багатомоніторними системами та спеціалізованими інтерфейсами для швидкого реагування.

Засоби відображення інформації. Для колективного моніторингу застосовуються:

- мультимедійний проектор;
- відеостіна або великі панелі для візуалізації руху транспортних засобів на карті;
- системи сигналізації тривожних подій.

Це дозволяє диспетчерам у режимі 24/7 відстежувати транспортну мережу та координувати роботу автопарку.

Програмне забезпечення ЦДП. Програмно-апаратний комплекс включає:

- WEB-сервер для організації зв'язку з бортовими блоками керування через Інтернет;
- систему управління базами даних (СУБД) для збереження й структуризації інформації;
- програму керування рухомими одиницями (конфігурація, контроль, аналіз);
- картографічний модуль із цифровими картами та фільтрами даних.

WEB-сервер забезпечує двосторонній обмін даними між бортовими пристроями та ЦДП за TCP/IP. Диспетчер може у будь-який момент підключитися до сервера, завантажити інформацію або відправити команду керування транспортним засобом. Реалізовані механізми:

- шифрування всіх повідомлень;
- захист локальної мережі від несанкціонованого доступу;
- аудит усіх операцій.

СУБД призначена для впорядкування й архівації даних. Серед основних функцій:

- збереження налаштувань блоків керування;
- ведення профілів користувачів і протоколів змін;

- реєстрація системних подій;
- регламентований доступ різних категорій користувачів.

Програма керування рухомими одиницями

Реалізує:

1. Налаштування конфігурації та режимів роботи блоків керування.
2. Розподілену архітектуру з можливістю одночасної роботи кількох примірників програми.
3. Багатокористувацький інтерфейс з диференційованими правами доступу та індивідуальними профілями.
4. Журнал подій і налаштувань для аналізу історії конфігурацій та команд.
5. Захист цілісності даних із правами модифікації лише для адміністраторів.

Картографічна програма забезпечує:

- відображення даних за координатами, швидкістю, напрямком руху, станами датчиків та часовими інтервалами;
- накладання треків рухомих одиниць на електронні карти;
- динамічний перегляд у реальному часі;
- налаштування візуального представлення об'єктів (колір, форма, розмір позначок).

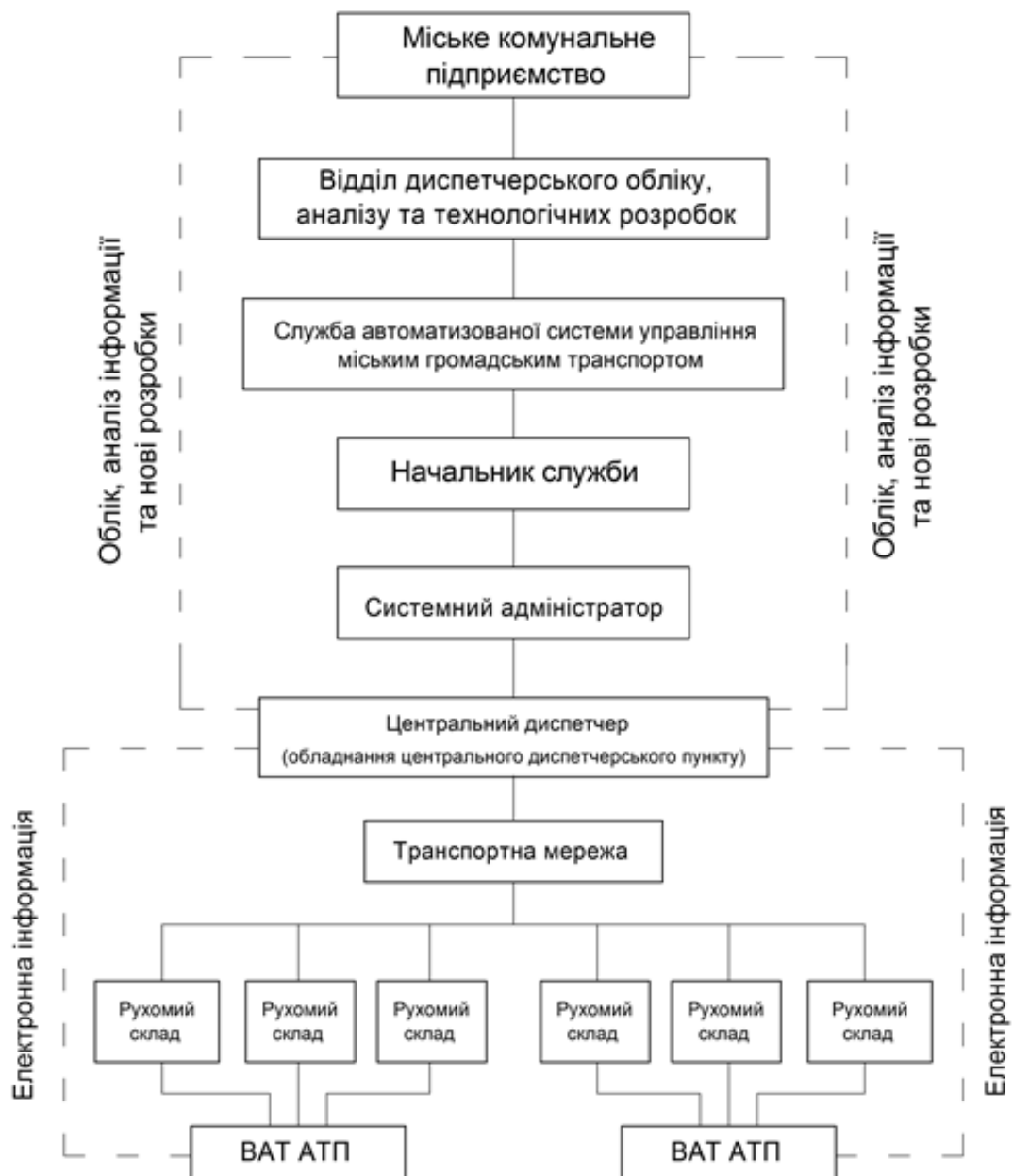


Рисунок 3.3 - Диспетчерське управління

Таким чином, сучасне обладнання ЦДП являє собою комплексну багатокомпонентну систему, яка поєднує апаратну надійність, захищені канали зв'язку та програмні сервіси для ефективного моніторингу й управління міським громадським транспортом.

3.4. Економічне обґрунтування впровадження АСУ міського громадського транспорту

Впровадження автоматизованої системи управління міським громадським транспортом (АСУГТ) насамперед забезпечує радикальне зниження трудомісткості диспетчерських операцій: значна частина функцій моніторингу, планування рейсів, оперативної диспетчеризації та обліку рухомого складу (автобусів на міських маршрутах) переходить із «ручного» режиму в регламентовані цифрові процедури. Така трансформація є невід'ємною складовою впровадження сучасних науково-технічних рішень у сфері міської мобільності та фактично усуває потребу в ручному керуванні транспортним процесом під час пасажирських перевезень.

Витрати на впровадження автоматизованої системи управління міським громадським транспортом включають в себе:

1. Первісна балансова вартість (Собл): 8 323 499,00 грн.
2. Заробітна плата та нарахування обслуговуючого персоналу.

Штат і місячні оклади (грн/міс на 1 особу):

- • Директор міського центру - 1 - 15 000 грн.
- • Системний адміністратор - 1 - 12 000 грн.
- • Програміст - 1 - 12 000 грн.
- • Адміністратор технологічних розробок та аналітики - 1 - 11 500 грн.
- • Диспетчер - 2 - 10 000 грн (кожний).
- • Спеціаліст з обслуговування системи - 2 - 16 000 грн (кожний).

Загальна кількість - 8 осіб.

Розрахунок фонду оплати праці (ФОП):

- Місячний фонд (без нарахувань): $15\,000 + 12\,000 + 12\,000 + 11\,500 + 2 \times 10\,000 + 2 \times 16\,000 = 102\,500$ грн/міс.

- Річний фонд (без нарахувань): $102\,500 \times 12 = 1\,230\,000$ грн/рік.

- Нарахування (ЄСВ 22%): $1\,230\,000 \times 0,22 = 270\,600$ грн/рік.

- Всього за рік (Зпл): $1\,230\,000 + 270\,600 = 1\,500\,600$ грн/рік.

Таблиця 3.1

Вартість обладнання

№ з/п	Назва	Одиниця виміру	Кількість одиниць	Ціна за одиницю, грн	Первісна балансова вартість, грн
1	Сервер 1U (клас Cisco UCS C220 M4 / Dell R430, б/в)	шт	1	32 630	32 630
2	Сервер 1U (клас Cisco UCS C220 M4 / Dell R430, б/в)	шт	1	32 630	32 630
3	Джерело безперервного живлення APC Smart-UPS 1000VA RM 2U (SMT1000RMI2U)	шт	1	44 799	44 799
4	Стійка відкрита 19" 42U (подвійна)	шт	1	11 550	11 550
5	Робоча станція диспетчера з монітором (офісний клас, Core i3 + 21.5")	компл	1	25 517	25 517
6	Робоча станція диспетчера з монітором (офісний клас, Core i3 + 21.5")	компл	1	25 517	25 517
7	Робоча станція диспетчера з монітором (офісний клас, Core i3 + 21.5")	компл	1	25 517	25 517

8	Проектор мультимедійний (≈3000 лм, офісний)	шт	1	18 078	18 078
9	Комплект пристрою рухомої одиниці (GNSS/GSM із CAN)	шт	1950	4 100	7 995 000
10	Персональні комп'ютери (робочі місця «гарячої лінії»)	шт	3	6 799	20 397
11	Технічний проєкт «АСУ міського громадського транспорту»	робота	1	30 250	30 250
12	Ліцензія Windows 11 Pro (1 роб. місце, FPP/BOX)	шт	1	11 299	11 299
13	Електронна ліцензована мапа міста	шт	1	4 940	4 940
14	ПЗ для роботи спеціальної «гарячої лінії»	ліцензія	1	45 375	45 375
Разом					8 323 499

Вартість витратних матеріалів на рік:

1. Заправка принтера/ксерокса — 4 356 грн.
 2. Ремонт оргтехніки — 4 840 грн.
 3. Установка та монтаж охоронної та пожежної сигналізації — 14 520 грн.
- Всього: 23 716 грн (*Смат*).

Інші витрати на рік:

1. Оренда офісу — 43 560 грн/рік.
2. Комунальні послуги — 21 780 грн/рік.
3. Послуги мобільного передавання даних (M2M): передача кожні 60 хв (12 разів/добу), обсяг ≈ 3,5 МБ/міс на 1 OBU; для 1 950 одиниць: 6 825 МБ/міс; за методикою — 13 650 грн/міс або 163 800 грн/рік.

4. Послуги інтернет — 29 040 грн/рік.
5. Обслуговування програм — 24 200 грн/рік.
6. Ремонт та обслуговування бортових пристроїв — 68 000 грн/рік (за рахунок перевізників).
7. Обслуговування охоронної та пожежної сигналізації — 14 520 грн/рік.
8. Підключення до центрального пожежного пульта + абонплата — 7 260 грн/рік.

Разом (Сінші): 372 160 грн.

1) Доходи від впровадження:

$$D = Cc \cdot A \cdot Mz = 500 \cdot 1950 \cdot 12 = 11\,700\,000 \text{ грн.} \quad (3.1)$$

де: Cc - кошторисна вартість на 1 автомобіль (грн/міс), A - кількість автомобілів; Mz - кількість місяців на рік.

2) Загальна сума витрат без ремонту та обслуговування бортових пристроїв (за рахунок перевізників):

$$\begin{aligned} Vz &= Собл + Зпл + Смат + Сінші - Срем та обсл. \\ &= 8\,323\,499 + 1\,500\,600 + 23\,716 + 372\,160 - 68\,000 = 10\,151\,975 \text{ грн.} \end{aligned} \quad (3.2)$$

3) Кредитування системи.

Кредит на впровадження з міського бюджету за ставкою 5% річних; термін повернення - 5 років.

$$Дрік = 11\,700\,000 \text{ грн; } Врік = 10\,151\,975 \text{ грн.}$$

4) Прибуток балансовий:

$$Пб = D - Vz \quad (3.3)$$

За рік: $11\,700\,000 - 10\,151\,975 = 1\,548\,025$ грн; Всього за 5 років: 7 740 125 грн.

5) Прибуток чистий без урахування повернення кредиту:

$$Пч = Пб \cdot (1 - 0,18) \quad (3.4)$$

За рік: $1\,548\,025 \cdot 0,82 = 1\,269\,380.5$ грн; За 5 років: 6 346 902.5 грн.

6) Повернення кредиту:

$Собл \cdot 1\,25 = 8\,323\,499 \cdot 1\,25 = 10\,404\,374$ грн - загальна сума до повернення.

7) Прибуток з урахуванням повернення кредиту:

$$Пч(5 \text{ років}) - (Собл \cdot 1\,25) = 6\,346\,902.5 - 10\,404\,374 = -4\,057\,471.5 \text{ грн.}$$

8) Рентабельність за рік:

$$R = Пч / Bз = 1\,269\,380.5 / 10\,151\,975 \approx 12.50\% \quad (3.5)$$

Мінімальна або місячна ставка для окупності з поверненням кредиту за 5 років становить $Cc \approx 542.29$ грн/авт·міс; при $Cc = 500$ грн/авт·міс умова $5 \cdot Пч \geq K$ не виконується.

Пороговий тариф для 5-річної окупності за поточних витрат: $Cc \approx 542,3$ грн/авт·міс. Поточний рівень у 500 грн нижчий приблизно на 42,3 грн/авт·міс, що в масштабі 1 950 ТЗ дає орієнтовний дефіцит доходу ~0,99 млн грн на рік (до оподаткування), або ~0,81 млн грн/рік у чистому вимірі.

1. Тарифне коригування: підвищити Cc до ≈ 543 грн/авт·міс (або вище) - це забезпечить виконання умови $5 \cdot Пч \geq K$.

2. Альтернатива/комбінація: залишаючи $Cc = 500$, скоротити постійні річні витрати (ОРЕХ) щонайменше на ~0,8–1,0 млн грн/рік (після податку) через:

- перегляд вартості сервісів (інтернет, ПЗ, охоронно-пожежні послуги),

- конкуренцію постачальників/переведення частини сервісів на SLA-моделі,
- оптимізацію штатних процесів (перерозподіл функцій, гнучкі графіки),
- фазування або лізинг частини CAPEX, що зменшує навантаження в перші роки.

3. Горизонт окупності: якщо підвищення тарифу небажане, розглянути подовження строку повернення або часткове дофінансування (гранти/міські програми цифровізації) - це вирівняє баланс без підвищення C_c .

У підсумку, проект економічно життєздатний у щорічному вимірі (позитивний $Пч$), але для дотримання 5-річної окупності необхідне або помірне підвищення тарифу до рівня ~542–550 грн/авт·міс, або цільова оптимізація витрат на зазначений обсяг.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Вплив дорожньо-транспортних ситуацій на безпеку людини

Безпека життєдіяльності розглядає питання охорони праці, довкілля та екології. Завдання забезпечення безпеки життєдіяльності людини зводяться до теоретичного аналізу небезпечних та шкідливих чинників у місці існування людини, комплексній оцінці багатфакторного впливу небезпечного і шкідливого впливу на здоров'я людини та прогнозуванню надзвичайних ситуацій. У межах практичних завдань з охорони праці та безпеки життєдіяльності входять завдання забезпечення безпеки дорожнього руху (БДР) та запобігання дорожньо-транспортним пригодам (ДТП) та їх наслідкам.

Поряд із позитивною роллю, яку автомобільний транспорт відіграє у розвитку економіки, існують і негативні чинники, пов'язані з процесом автомобілізації. До них відносяться забруднення довкілля, містобудівні проблеми, пов'язані з виділенням міського простору для руху і стоянок транспортних засобів, ріст дефіциту нафтопродуктів тощо. До найбільш негативних чинників процесу автомобілізації належать дорожньо-транспортні пригоди та їх наслідки, що характеризуються загибеллю та пораненням людей, матеріальними збитками від пошкодження транспортних засобів, вантажів, дорожніх або інших споруд, виплатою відшкодування у зв'язку з інвалідністю та тимчасовою непрацездатністю тощо.

У більшості випадків розроблення заходів, спрямованих на підвищення БДР, базується на ретельному аналізі причин та умов виникнення ДТП, прогнозуванні розвитку ситуації, а також визначенні найбільш ефективних напрямів боротьби з аварійністю.

4.2. Умови і режими роботи працівників

Оператори автоматизованих робочих місць, програмісти та інші працівники обчислювальних центрів постійно піддаються фізично небезпечним і шкідливим виробничим факторам, таким як підвищений рівень шуму, підвищена температура повітря на робочому місці, відсутність або недостатня освітленість робочої зони та інше.

У ергономічному проектуванні і організації робочого місця необхідно вирішити основні завдання: визначити зони робочого місця, в яких можна працювати з тим чи іншим ступенем зручності; розмістити на робочому місці органи управління і засоби відображення інформації. При вирішенні цих питань необхідно керуватися одним з основних принципів ергономіки - принципом економії робочих рухів.

Зонування моторного поля робочого місця здійснюється на підставі схем і даних, представлених на рисунку 4.1.

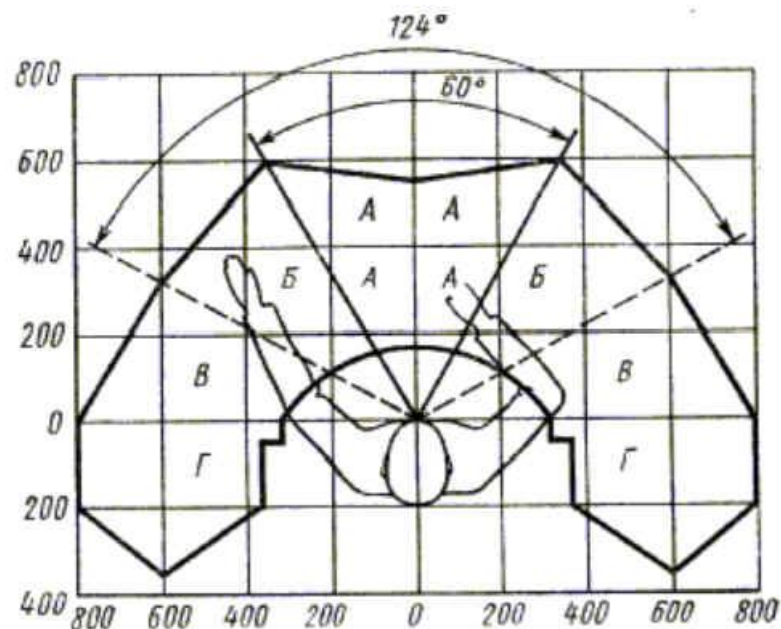


Рисунок 4.1 - Зонування робочого місця

На даному рисунку використовуються наступні умовні позначення:

А - зона для розташування найбільш важливих і часто використовуваних органів управління і засобів відображення інформації;

Б - зона для розташування нечасто використовуваних органів управління і засобів відображення інформації (в межах досяжності і огляду);

В - зона для розташування рідко використовуваних органів управління (в межах максимальної досяжності, огляд тільки при русі очей і голови);

Г - зона для розміщення допоміжних органів управління (поза межами досяжності і огляду з вихідного робочого положення).

Зони візуального поля називаються полями зору (поле ясного зору, поле огляду і т.д.). Їх розміри визначаються кутами зору (рисунок 4.2) і відстанями до них від очей.

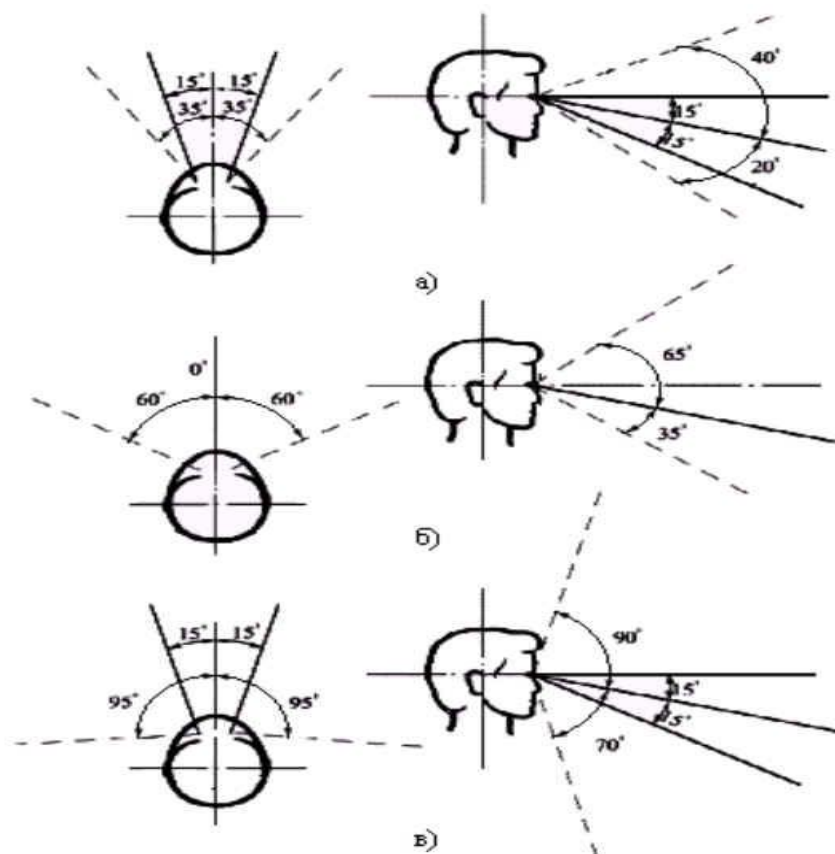


Рисунок 4.2 - Інформаційні зони візуального поля

а - при повороті очей; б - при повороті голови; в - при повороті голови і очей

Площа на одне робоче місце з комп'ютером повинна складати не менше 6 м², а об'єм - не менше 20 м³. Робоче місце, робоче положення при роботі з комп'ютером багато в чому визначається правильним підбором меблів. На рисунку 6.3. проілюстрована правильна позиція оператора при роботі з ЕОМ.

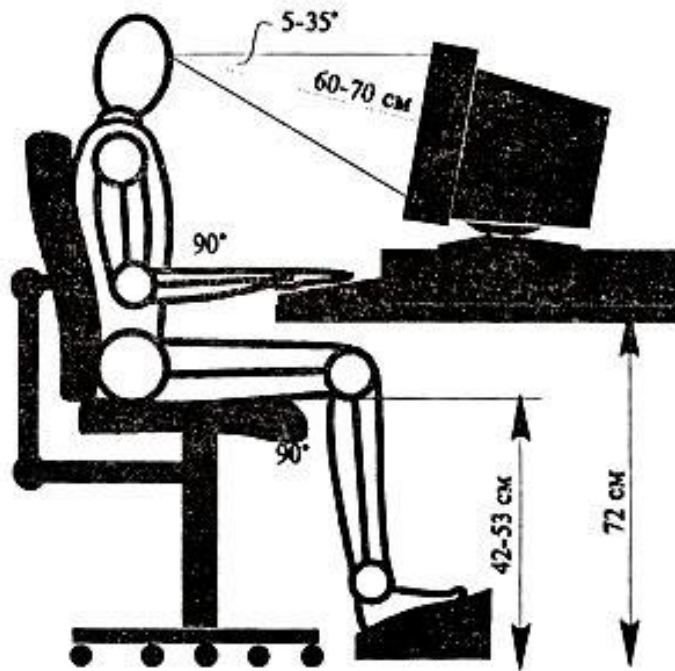


Рисунок 4.3 – Правильне положення оператора ЕОМ

4.3 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Робота оператора відноситься до категорії робіт, пов'язаних з небезпечними і шкідливими умовами праці, найбільш значущими з яких є:

- підвищений рівень напруги в електричних ланцюгах живлення і управління ЕОМ, який може привести до електротравми оператора при відсутності заземлення або занулення обладнання (джерело - змінний струм промислової частоти 50 Гц напругою 220 В);

- підвищений рівень напруженості електричного і магнітного полів в широкому діапазоні частот (в тому числі від струмів промислової частоти 50 Гц

від ЕОМ, допоміжних приладів, інших електроустановок, силових кабелів, освітлювальних установок і т.п);

- не відповідність санітарним нормам візуальних параметрів дисплеїв, особливо тих, які мають величину зерна (піксель) 0,3 мм і більше, частоту кадрової розгортки - 50 - 75 Гц, а також порушення візуальних параметрів у сертифікованих ЕОМ (виникнення нестабільного зображення) через вплив на дисплей підвищених значень напруженості магнітного поля від джерел струму промислової частоти 50 Гц (так зване опосередкований вплив магнітних полів);

- надлишкові енергетичні потоки синьо-фіолетового світла від екрану дисплея у видимому діапазоні довжин електромагнітних хвиль, що знижують чіткість сприйняття зображення оком;

- знижений або підвищений рівень освітленості;

- підвищений рівень напруженості статичної електрики;

- підвищений рівень запиленості повітря робочої зони від зовнішніх джерел;

- не відповідність параметрів мікроклімату у робочому приміщенні санітарним нормам (табл. 4.1): підвищена температура через постійне нагрівання деталей ЕОМ, знижена вологість, знижена або підвищена швидкість руху (рухливість) повітря робочої зони;

- підвищений вміст в повітрі патогенної (що викликає захворювання) мікрофлори (перш за все стафілокока), особливо взимку при підвищеній температурі в приміщенні, поганому провітрюванні, зниженій вологості;

- підвищений рівень шуму від працюючих вентиляторів охолодження ЕОМ і принтера (табл. 4.2), від нерегульованою джерел люмінесцентного освітлення;

- підвищені зорові навантаження і адинамія очних м'язів, тобто їх мала рухливість при високій статичній зоровій нарузі протягом тривалого часу, що може стати причиною різних очних захворювань, особливо таких, як спазм акомодатії (втрата можливості м'язів скорочуватися), зниження гостроти зору, зменшення запасу відносної акомодатії, а потім і короткозорість;

- монотонність праці;
- підвищене розумове напруження через великий обсяг інформації, що переробляється та засвоюється;
- фізичне перенапруження через нераціональну організацію робочого місця (незручність крісла, столу, відсутність підставок для тексту, для ніг і кистей рук і ін.), що в значній мірі посилює напругу м'язів хребта, ніг, рук, шиї, очей;
- підвищене нервово-емоційне напруження (додатковий шкідливий прояв роботи на ЕОМ, при цьому прискорюється вивід з організму багатьох життєво необхідних вітамінів і макроелементів);
- зовнішні постійно діючі екологічні фактори: наявність у повітрі робочої зони шкідливих речовин (окису вуглецю, озону, аміаку, оксидів азоту, сірки і т.п.).

Таблиця 4.1

Норми мікроклімату для приміщень з ВТД ЕОМ та ПЕОМ

Пора року	Категорія робіт	Температура повітря, град. С не більше	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	легка-1а	22 - 24	40 - 60	0,1
	легка-1б	21 - 23	40 - 60	0,1
Теплий	легка-1а	23 - 25	40 - 60	0,1
	легка-1б	22 - 24	40 - 60	0,2

Таблиця 4.2

Допустимі рівні звуку, еквівалентні рівні звуку і рівні звукового тиску в октавних смугах частот

Вид трудової діяльності, робочі місця	Рівні звукового тиску в дБ									
	в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц									
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Рівні звуку, еквівалентні рівні звуку, дБА / дБАекв.
Програмісти ЕОМ	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Оператори в залах обробки інформації на ЕОМ та оператори комп'ютерного набору	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
В приміщеннях для розташування шумних агрегатів ЕОМ	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75

Робота з дисплеями при неправильному виборі яскравості та освітленості екрана, контрастності знаків і фону, при наявності відблисків на екрані, тремтінні і мерехтінні зображення - призводить до зорового стомлення, головних болів, до значної фізіологічної і психічної навантаженості, до погіршення зору.

Суттєво впливає на зоровий дискомфорт вибір поєднань кольорів знака і фону, причому деякі пари кольорів не тільки стомлюють зір, а й можуть призвести до стресу (наприклад, зелені букви на червоному тлі).

Допустимі рівні напруженості електричного поля струму промислової частоти (50 Гц), створювані монітором, системним блоком, клавіатурою, виробом в цілому, не повинні перевищувати 0,5 кВ / м. Допустимі рівні напруженості електростатичного поля, створювані монітором, клавіатурою, системним блоком, маніпулятором та виробом в цілому, не повинні перевищувати 15,0 кВ / м.

Інтенсивність ультрафіолетового випромінювання від екрану монітора не повинна перевищувати в діапазоні 0,28 - 0,315 мкм 0,1 - 10-3 Вт / м²; в діапазоні 0,15-0,4 мкм-0,1 Вт / м². Випромінювання в діапазоні 0,2 - 0,28 мкм не допускається.

Рівень потужності експозиційної дози рентгенівського випромінювання на відстані 0,5 м від екрану і частин корпусу дисплеїв не повинен перевищувати 7,74-10-12А / кг, що відповідає потужності еквівалентної дози, що дорівнює 100 мкР / год (0,03 мкР / с).

Комп'ютери з рідкокристалічним екраном не мають джерел потужного електромагнітного випромінювання, однак при використанні блоку живлення виникає деяке перевищення рівня на частоті 50 Гц, тому рекомендується працювати більше з використанням акумулятора.

Ефективним засобом захисту від випромінювань ЕОМ з електронно-променевою трубкою є застосування додаткового металевого внутрішнього корпусу, що замикається на вбудований закритий екран. Така конструкція дозволяє зменшити електричне та електростатичне поле на відстані 7-8 см від корпусу до фонових значень.

Візуальні параметри дисплеїв можуть бути також покращені шляхом установки спеціальних анти-відблисків. При цьому слід мати на увазі, що їх установка може забезпечити зниження рівня опромінення перед екраном. Захисний фільтр являє собою оптично прозору панель, яка жорстко закріплюється на комп'ютері.

Від значення коефіцієнта пропускання фільтра і коефіцієнта дзеркального відображення залежить контрастність зображення, інтенсивність відблисків від зовнішніх джерел світла і помітність миготіння, тобто, в кінцевому рахунку, зорове стомлення. У всіх випадках для зниження рівня опромінення монітор рекомендується розташовувати на відстані не ближче 50 см від користувача.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Міська пасажирська транспортна система є складною динамічною системою, ефективність якої визначається рівновагою між попитом на перевезення та пропозицією транспортних послуг. Для її якісного функціонування потрібні сучасні методи моніторингу й управління, засновані на даних.

2. Інформаційно-аналітичне забезпечення проєктування маршрутної мережі дозволяє підвищити ефективність транспортних перевезень. Використання GPS, APC, AFC та інших автоматизованих технологій сприяє обґрунтованому вибору рухомого складу й оптимізації параметрів роботи автобусних маршрутів.

3. Впровадження автоматизованої системи управління громадським транспортом (АСУГТ) створює єдиний інформаційний простір, що охоплює бортові комплекти пристроїв, центральний диспетчерський пункт і серверну інфраструктуру. Це забезпечує оперативний контроль, зниження експлуатаційних витрат і підвищення регулярності руху.

4. Технологічні рішення системи мають позитивний соціальний ефект, оскільки скорочують час очікування пасажирів, підвищують безпеку перевезень та формують довіру населення до громадського транспорту.

5. Економічні розрахунки підтвердили доцільність впровадження системи. Навіть за підвищених витрат, проєкт демонструє позитивний фінансовий результат у щорічному вимірі. Для забезпечення повної окупності протягом нормативного терміну рекомендується або помірне коригування тарифів, або оптимізація операційних витрат.

6. Розглянуті аспекти охорони праці та безпеки показали, що комплекс організаційних і технічних заходів дозволяє мінімізувати вплив шкідливих і небезпечних виробничих факторів. Це створює умови для стабільної та безпечної роботи персоналу транспортної галузі.

7. Робота має прикладне значення для спеціальності «Транспортні технології», адже узагальнює інструменти планування, організації, диспетчеризації та економічного аналізу, які можуть бути використані при розробці сучасних моделей управління міським пасажирським транспортом.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Lyashuk, O., Mironov, D., Martyniuk, V., Aulin, V., Tson, O., & Maruschak, P. (2024). Risk analysis of road traffic accidents in Ukraine. *Transport*, 39(4), 350–359. <https://doi.org/10.3846/transport.2024.23190>
2. Yuriy Vovk, Oleg Tson, Marcin Kicinski, Iryna Vovk, Volodymyr Dzyura, Yaroslav Vovk. (2025). Microtransportation: A sustainable solution for urban mobility challenges. *Journal of Chinese Architecture and Urbanism* 6561. <https://doi.org/10.36922/jcau.6561>
3. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. – 393 с.
4. В. В. Біліченко, С. В. Цимбал, С. С. Коробов. Підвищення ефективності системи міських пасажирських перевезень // Вісник машинобудування та транспорту No1(7), 2018. С. 18-25.
5. Вакуленко К. Є. Вибір автотранспортного засобу на маршрутах міського пасажирського транспорту : Дис... канд. наук: 05.22.01 - 2009.
6. Вакуленко К. Є. Управління міським пасажирським транспортом : навч. посібник / К. Є. Вакуленко, К. В. Доля ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. 257 с.
7. Гульчак О.Д. Підвищення ефективності міських пасажирських перевезень на основі удосконалення організації руху автобусів: автореф. дис...канд. техн. наук: 05.22.01/ О.Д.Гульчак . – Київ: НТУ. – 2005. – 21 с.
8. Доля В. К. Пасажирські перевезення: підруч. Харків : «Вид-во «Форт», 2011. 504 с.

9. Єрмак О.М., Пустовіт В.І. Щодо визначення якості пасажирських перевезень / Міжвузівський збірник „Наукові нотатки”. Київ, 2014. Вип. 46. С. 170–176.

10. Липак, М. Р., Цьонь, О. П., & Паскевич, Д. В. (2024). Розвиток міської транспортної інфраструктури в умовах урбанізації. Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 217-217.

11. М.Н. Дябло, В.Р. Халупа, О.П. Цьонь. Розроблення графіків руху пасажирського транспорту. Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей XI міжнар. наук.-практ. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 7-8 грудня 2022) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. – с. 61.

12. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання «Безпека в надзвичайних ситуаціях» / В.С. Стручок –Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., – 156 с.

13. Навчальний посібник «Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека»» / автор-укладач В.С. Стручок– Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., – 156 с.

14. О. Л. Ляшук, У. М. Плекан, Н.Я. Рожко, О.П. Цьонь Удосконалення соціальної функції транспортної галузі України // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2022. Вип. 6(37), ч.І. — С. 157-166.

15. О. П. Цьонь, О. П. Тимошів, В. В. Ковалик. Організація ефективного руху пасажирського транспорту / Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей XII міжнар. наук.-практ. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 6-7 грудня 2023) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2023. – с. 137.

16. О.П. Цьонь, У.М. Плекан. Використання інформаційно-аналітичної системи для організації перевізного процесу / Збірник матеріалів Міжнародної

науково-практичної конференції, 22 – 24 листопада 2023 р. м. Кропивницький, с. 238-239.

17. Ройко Ю.Я. Щодо визначення основних принципів транспортного районування [Електронний ресурс] / Цифровий репозиторій ХНУМХ ім. А.М. Бекетова. - Режим доступу: <http://eprints.kname.edu.ua/29545/1/34.pdf>

18. Ткач, С. М. (2021). Управління розвитком міст на засадах концепції Smart City у Західному регіоні України. Регіональна економіка, (2), 91-99.

19. Цьонь О.П., Плекан У.М. Сталий розвиток автомобільного транспорту: від ефективності до захисту інфраструктури. Тези XVII міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту» 21-23 жовтня 2024 року Житомир, с. 245-246.