

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
БАКАЛАВРА

на тему: Інтелектуальні транспортні системи як фактор
підвищення ефективності пасажирських перевезень

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МН-41
спеціальності 275
«Транспортні технології (на автомобільному транспорті)»
(шифр і назва спеціальності)

Язловецький Р. В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

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

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

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці			

7. Дата видачі завдання 31.01.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	03.03.2025	
2	Теоретичні засади функціонування інтелектуальних транспортних систем у сфері пасажирських перевезень	14.04.2025	
3	Удосконалення системи пасажирських перевезень на основі інтелектуальних рішень	02.05.2025	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	30.05.2025	
5	Загальні висновки	05.05.2025	
6	Перелік посилань	09.06.2025	
7	Ілюстративний матеріал	13.06.2025	

Студент

(підпис)

Язловецький Р.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Плекан У.М.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ У СФЕРІ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ.....	7
1.1. Сутність та класифікація інтелектуальних транспортних систем	7
1.2. Тренди розвитку пасажирського транспорту в Україні	12
1.3. Аналіз транспортної системи м. Теробовлі	19
РОЗДІЛ 2. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ РІШЕНЬ	24
2.1. Оптимізація рейсів для підвищення ефективності пасажирських перевезень.....	24
2.2. Впровадження цифрових рішень у сфері пасажирських перевезень у Теробовлянській громаді.....	27
2.3. Матриця ризиків цифрової трансформації пасажирських перевезень...	33
2.4. Стратегії пом'якшення ризиків та заходи безпеки проектів цифровізації пасажирських перевезень	37
РОЗДІЛ 3. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	43
3.1. Заходи зменшення впливу людського чинника в системі пасажирських перевезень.....	43
3.2. Вплив цифрових технологій на підвищення рівня безпеки пасажирських перевезень.....	48
ВИСНОВКИ.....	53
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ.....	55

РЕФЕРАТ

до кваліфікаційної роботи на тему:

«Інтелектуальні транспортні системи як фактор підвищення ефективності
пасажирських перевезень»

Кваліфікаційна робота складається із трьох розділів і присвячена комплексному дослідженню сучасних підходів до цифрової трансформації пасажирського транспорту та впровадженню інноваційних рішень у локальному управлінні перевезеннями.

У роботі розглянуто поняття, типологію та функціональне призначення інтелектуальних транспортних систем (ІТС), проаналізовано їх роль у вдосконаленні організації перевезень та оптимізації транспортних маршрутів. Здійснено огляд актуальних тенденцій розвитку громадського транспорту в Україні та визначено ключові бар'єри цифровізації в цій сфері.

На прикладі м. Тербовля проведено аналіз існуючого стану місцевої транспортної мережі, виявлено основні проблеми ефективності перевезень та обґрунтовано доцільність впровадження ІТС на муніципальному рівні. Запропоновано комплекс заходів з оптимізації розкладів руху, застосування цифрових сервісів інформування пасажирів, а також підходи до моніторингу навантаженості маршрутів.

У межах роботи сформовано матрицю ризиків цифрової трансформації та надано рекомендації щодо управління ними з урахуванням технічних, організаційних і соціальних чинників. Також розглянуто питання забезпечення безпеки праці та дотримання нормативних вимог під час впровадження ІТС у практику транспортних підприємств.

Ключові слова: інтелектуальні транспортні системи, пасажирські перевезення, цифрові рішення, транспортна мережа, оптимізація маршрутів, безпека, ризики цифровізації.

ВСТУП

У сучасному світі транспортна система виступає не лише основою економічної мобільності, а й чинником якості життя населення. Водночас зростання урбанізації, інтенсифікація пасажиропотоків, необхідність зниження шкідливих викидів і підвищення рівня безпеки спричиняють потребу у впровадженні інноваційних рішень у сфері пасажирських перевезень. Саме інтелектуальні транспортні системи (ІТС) стають важливим інструментом трансформації міського транспорту в більш ефективний, адаптивний і клієнтоорієнтований механізм.

ІТС поєднують інформаційні технології, автоматизовані засоби моніторингу, цифрові сервіси, системи управління трафіком і платформи для аналізу даних, що дозволяє здійснювати динамічне планування маршрутів, оптимізувати перевезення, підвищувати безпеку та комфорт для пасажирів. У країнах ЄС та США ІТС уже довели свою ефективність у підвищенні продуктивності громадського транспорту та зниженні транспортних витрат. Водночас в Україні процес цифровізації транспортної сфери тільки набирає обертів і потребує адаптованих до вітчизняних умов підходів.

Актуальність теми зумовлена необхідністю переосмислення принципів управління пасажирськими перевезеннями на регіональному та локальному рівнях, зокрема у малих містах, таких як м. Тереховля, де існує запит на підвищення ефективності транспорту при обмежених ресурсах. Використання інтелектуальних рішень здатне стати дієвим механізмом досягнення цієї мети.

Метою дипломної роботи є дослідження можливостей впровадження інтелектуальних транспортних систем як чинника підвищення ефективності пасажирських перевезень, зокрема в умовах Тереховлянської територіальної громади.

Для досягнення поставленої мети були визначені *наступні завдання*:

- проаналізувати сутність та класифікацію інтелектуальних транспортних систем;
- вивчити сучасні тренди розвитку пасажирського транспорту в Україні;

- дослідити стан транспортної системи м. Тербовлі;
- запропонувати оптимізаційні рішення для рейсів на основі цифрових технологій;
- сформулювати стратегії управління ризиками цифрової трансформації;
- обґрунтувати заходи з охорони праці та безпеки життєдіяльності при впровадженні ІТС.

Об'єктом дослідження є система пасажирських перевезень.

Предметом дослідження виступають інтелектуальні транспортні системи як засіб підвищення ефективності пасажирських перевезень.

Методи дослідження: системний аналіз, методи економічного порівняння, експертна оцінка, SWOT-аналіз, аналіз ризиків, інформаційно-аналітичні методи.

Практичне значення роботи полягає у можливості адаптації представлених рішень у малих громадах України з урахуванням їхніх інфраструктурних, економічних і соціальних особливостей.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ У СФЕРІ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

1.1. Сутність та класифікація інтелектуальних транспортних систем (ІТС)

Інтелектуальні транспортні системи (ІТС) — це сукупність сучасних інформаційно-комунікаційних технологій, спрямованих на підвищення ефективності, безпеки, екологічності та комфорту транспортного процесу. Вони базуються на інтеграції засобів збору, обробки, передавання та використання інформації в реальному часі для оптимізації управління транспортними потоками, перевезеннями та інфраструктурою.

Сутність ІТС полягає у трансформації традиційних транспортних систем у кіберфізичні комплекси, що реагують на зміни в режимі реального часу. Завдяки цьому можливе досягнення цілей сталого розвитку, зниження рівня заторів, підвищення пропускної спроможності транспортних мереж та мінімізація впливу людського фактора на безпеку руху.

1. ІТС охоплюють широке коло підсистем, які за функціональним призначенням можна класифікувати наступним чином:
2. ІТС управління дорожнім рухом – системи адаптивного регулювання світлофорів, датчики трафіку, інформаційні табло;
3. ІТС пасажирських перевезень – електронні квитки, GPS-моніторинг транспорту, розумні зупинки, мобільні додатки для пасажирів;
4. ІТС вантажних перевезень і логістики – системи управління автопарком, трекінгу вантажів, оптимізації маршрутів;
5. ІТС безпеки дорожнього руху – відеоспостереження, автоматичне виявлення порушень, системи попередження про небезпеку;
6. ІТС інфраструктурного моніторингу – контролери стану мостів, доріг, тунелів, інтелектуальні сенсори;
7. ІТС екологічного моніторингу – контроль викидів, шуму, енергоспоживання транспорту.

Головна мета впровадження інтелектуальної транспортної системи полягає у створенні безпечного, ефективного та зручного середовища для всіх учасників дорожнього руху. Зокрема, ІТС покликана:

- мінімізувати кількість дорожньо-транспортних пригод і зменшити їхні негативні наслідки;
- сприяти екологізації транспортного процесу шляхом зниження шкідливих викидів і шумового навантаження в міських умовах;
- скорочувати витрати часу, пального та фінансових ресурсів у рамках транспортної мережі;
- надавати своєчасну, точну та актуальну інформацію водіям, пішоходам і органам управління про стан транспортних потоків, затори, аварії та інші події на дорогах.

Інтелектуальна транспортна система функціонує за трирівневою ієрархічною моделлю, де кожен рівень виконує свої завдання:

1. Базовий (дорожній) рівень – охоплює сенсори, камери, контролери, табло і програмне забезпечення, які безпосередньо взаємодіють із транспортними засобами та інфраструктурою, збираючи й передаючи інформацію в режимі реального часу (рис.1.1).

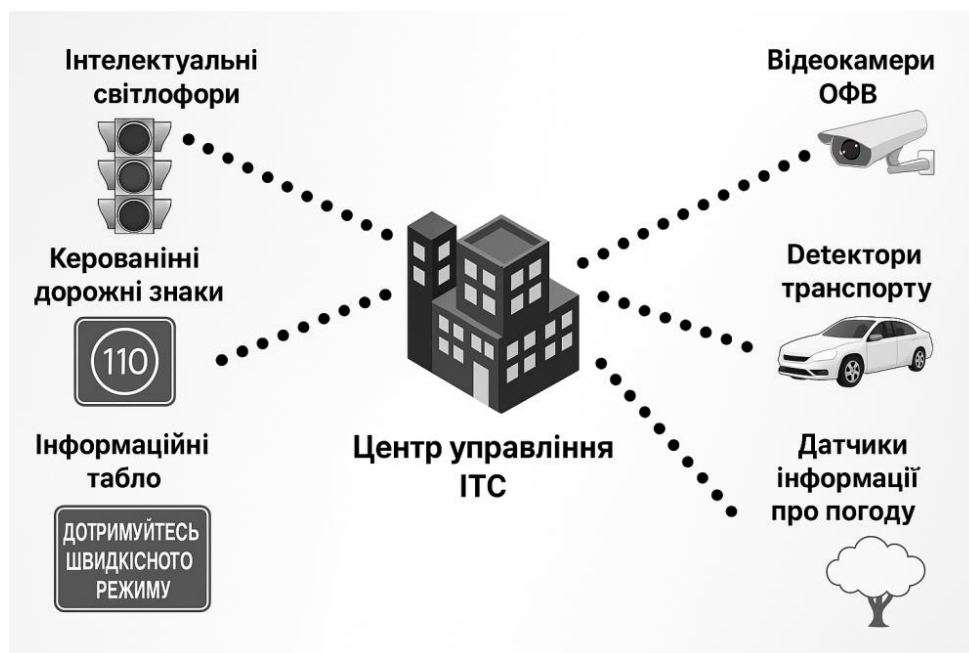


Рисунок 1.1. Інструменти ІТС для удосконалення дорожнього руху

2. Локальний (зональний) рівень – відповідає за прийняття тактичних рішень щодо оптимізації руху в межах окремих міських зон або вулиць; також підтримує зв'язок із місцевими операторами транспорту й сервісами (рис. 1.2).

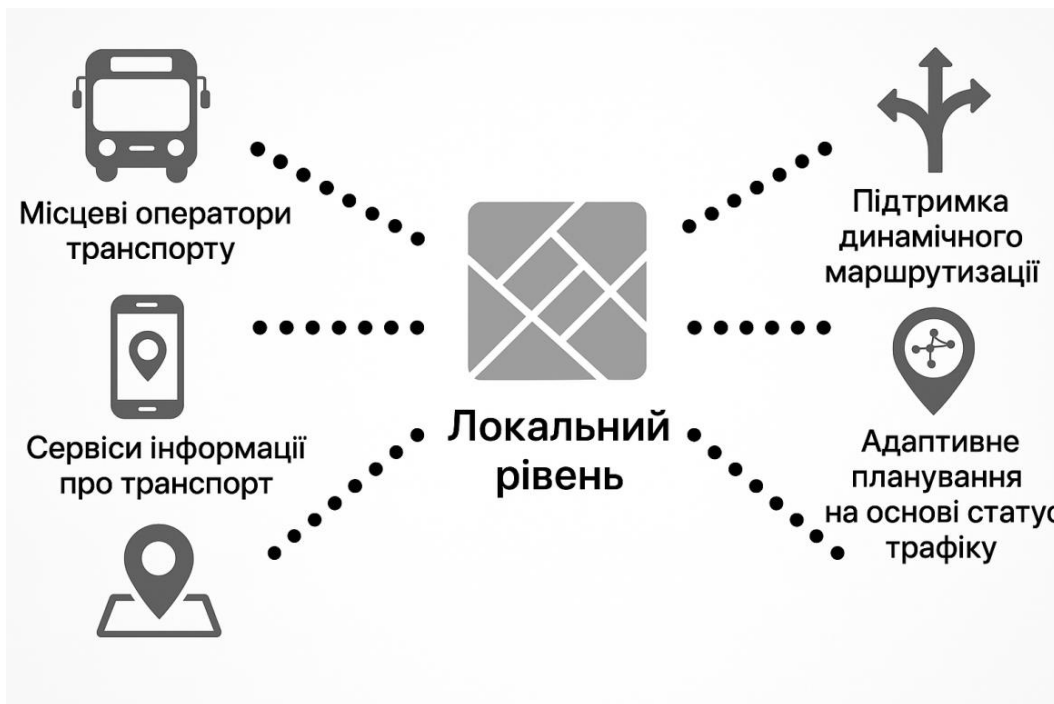


Рисунок 1.2. Взаємодія з операторами та сервісами в реальному часі в рамках інтелектуальної транспортної системи

Координаційно-стратегічний (адміністративний) рівень – забезпечує загальне управління транспортною мережею на рівні громади, регіону або області, формує політики та регламенти щодо розповсюдження і використання даних, а також координує дії між різними рівнями системи (рис.1.3).

В умовах сучасної мобільності саме інтеграція цих рівнів дозволяє досягти системного ефекту – зменшити затори, покращити швидкість і прогнозованість поїздок, підвищити довіру до громадського транспорту. Особливо важливо впроваджувати ІТС у громадах, що прагнуть стати «розумними» територіями, як-от Тереховлянська громада. Тут навіть невеликі інвестиції у смарт-рішення (GPS-моніторинг, електронний квиток, аналітика пасажиропотоків) можуть мати значний соціально-економічний ефект і задати тренд для сталого розвитку регіону.



Рисунок 1.3. Управління транспортною мережею на рівні громади чи регіону

Крім функціонального підходу, ІТС також поділяються за рівнем інтеграції (локальні, регіональні, національні, транскордонні) та ступенем автономності (від ручного до автоматизованого або автономного керування).

Таким чином, ІТС виступають не лише як технологічний інструмент, а як стратегічна платформа для трансформації транспортної галузі, орієнтованої на потреби користувача, сталий розвиток і цифрову інтеграцію в європейський транспортний простір.

Аналіз сучасних цифрових інструментів інтеграції транспортних систем свідчить про те, що Україна поступово імплементує європейські стандарти в сфері цифрової мобільності. Застосування таких рішень, як електронний квиток, геоаналітика, інтелектуальні центри управління рухом та платформи обміну даними, сприяє прозорості транспортних процесів, зменшенню тіньових оборотів, підвищенню зручності для пасажирів та покращенню планування маршрутної мережі. Досвід країн ЄС демонструє ефективність комплексного підходу, який включає інтеграцію різних видів транспорту в єдині цифрові

екосистеми (MaaS), впровадження відкритих даних та створення правового середовища для розвитку інтелектуальних транспортних систем.

Нище відображена таблиця основних інструментів цифрової інтеграції, згрупованих за функціональністю.

Таблиця 1.1. - Інструменти цифрової інтеграції транспортної системи

№	Функціональна група	Інструменти в Україні	Інструменти за кордоном
1	Єдині цифрові платформи та системи обміну даними	- Система "Шлях" (координація вантажних перевезень) - Єдина транспортна аналітична система (ЕТАС) - Системи e-ticket (KyivSmartCard, LvivCityCard)	- National Access Points (NAPs) у країнах ЄС - Платформи MaaS: Whim (Фінляндія), Jelbi (Німеччина)
2	Інтелектуальні центри управління рухом (Traffic Management Centers)	- Пілотні ІТС у Києві, Львові, Дніпрі - Автоматичне регулювання світлофорів, відеоспостереження, розумні табло	- SCOOT (Велика Британія) - SCATS (Австралія/ЄС) - Системи C-ITS (обмін даними між V2X-учасниками)
3	Європейські програми цифрової транспортної інтеграції	- Підключення до TEN-T коридорів - Участь у програмах Interreg, TAPAS, Horizon Europe	- TEN-T (транс'європейська транспортна мережа) - EU ITS Directive 2010/40/EU - Horizon Europe, Interreg
4	Геоінформаційні та супутникові технології	- GPS для моніторингу транспорту - Використання GIS-систем в громадах	- Galileo (ЄС), GPS (США) - Інтеграція GIS з прогнозами трафіку, погоди, аварій
5	API та Open Data	- Відкриті API та аналітика (TAPAS) - Інтеграція даних e-ticket, камер, маршрутів	- Google Transit API - TransportAPI (Велика Британія) - Відкриті бази для транспортних стартапів

Запозичення найкращих практик, адаптованих до українських реалій, зокрема для малих громад на прикладі Теребовлянщини, дозволяє не лише покращити якість пасажирських перевезень, а й посилити регіональну мобільність, економічну привабливість територій і ефективність муніципального управління.

1.2. Тренди розвитку пасажирського транспорту в Україні

Цифровізація соціально-економічних процесів в Україні зумовила активне впровадження інновацій у сфері пасажирських перевезень, зокрема у міському транспорті. Особливо це помітно у великих містах, які виступають каталізаторами змін у транспортній інфраструктурі. Проте ключовим викликом залишається адаптація цих змін до потреб і можливостей малих міст.

Серед основних інноваційних трендів розвитку пасажирського транспорту в Україні можна виокремити наступні:

Інтеграція транспортних систем — забезпечення злагодженої роботи різних видів транспорту (автобуси, маршрутки, залізниця) в єдиному просторі пересування.

Екологізація транспорту — поступове впровадження електробусів та зменшення шкідливих викидів, що особливо актуально для міст із поганим станом повітря.

Цифровізація обслуговування пасажирів — впровадження електронних квитків, безконтактної оплати проїзду, мобільних додатків для планування маршрутів.

Автоматизація процесів — системи GPS для моніторингу транспорту, Інтернет речей для підрахунку пасажиропотоку, геоінформаційні системи для оптимізації маршрутів.

Підвищення безпеки та автономності — інтелектуальні системи контролю за рухом транспорту, що мінімізують ризики аварій.

Комодифікація перевезень — підвищення якості транспортної послуги як продукту, який має відповідати очікуванням пасажирів щодо комфорту, швидкості, надійності.

У малих містах ці процеси впроваджуються повільніше, однак саме тут приховані значні перспективи. Інформаційно-комунікаційні технології дозволяють ефективно планувати перевезення навіть з обмеженими фінансовими ресурсами. Проаналізуємо сутність сучасних тенденцій у сфері перевезення автомобілів.

Екологізація транспорту – це зниження негативного впливу на довкілля завдяки «зеленим» технологіям і практикам. У рамках даної тенденції місто стимулює перехід на чистіші види палива (електроенергія, водень, біопаливо) та впроваджує низку заходів із контролю викидів (наприклад, введення зон низьких викидів). Раціональне управління транспортними потоками та паркуванням у смартмісті зменшує використання приватних авто й знижує завантаженість доріг, що прямо впливає на якість повітря. Ефективне регулювання руху й розподіл трафіку з допомогою інтелектуальних систем мінімізують простій і «порожній пробіг» транспорту, що також позитивно впливає на навколишнє середовище.

Відповідно до національної стратегії розвитку, питання екологізації громадського та індивідуального транспорту визначено пріоритетним. Транспортні засоби перевізників є недостатньо енергоефективними та екологічно безпечними, тому міські адміністрації України розвивають мережі екобусів та тролейбусів, облаштовують зарядні станції та оптимізують рух задля зменшення шкідливих викидів.

На рівні ЄС введено чіткі норми у даному питанні транспортування. До 2030 року 90 % нових міських автобусів мають бути з нульовими викидами (і 100 % – до 2035), що істотно покращить якість повітря в містах. В результаті екологізація дозволяє знизити податки на викиди, скоротити витрати на заходи з охорони довкілля і покращити здоров'я населення.

В умовах сьогодення інтеграція як важливий елемент впровадження цифрових рішень у транспортній сфері передбачає об'єднання різних електронних сервісів та інформаційних систем у єдину платформу для планування і оплати поїздок. Концепція Mobility as a Service (MaaS) реалізує цю ідею через єдиний цифровий інтерфейс, до якого під'єднані громадський транспорт, таксі, каршерінг, велопрокат тощо. Наприклад, спільне планування маршруту «від дверей до дверей» і консолідація білетної системи дозволяють пасажирові прокласти оптимальний шлях та купувати квитки різних операторів

за одним кліком. Інтеграція сервісів дає ефект синергії: зниження дублюючих витрат на інфраструктуру і скорочення адміністративних витрат перевізників.

В Україні вже впроваджені приклади інтеграції:

1. У Києві створено єдиний портал «KyivSmartCity» для доступу до муніципальних послуг, включно з інформацією про громадський транспорт.
2. У Львові впроваджуються сучасні IT-рішення для різних видів транспорту (автобусів, трамваїв, каршерингу).
3. У Тернополі введено єдиний електронний квиток для всіх перевізників.

Інтегровані системи спостереження та керування рухом (GPS, IoT, Big Data) дозволяють більш точно розраховувати пасажиропотоки й ефективніше розподіляти транспортні ресурси. Таким чином, інтеграція сприяє скороченню часу обслуговування, підвищенню зручності для пасажирів і мінімізації операційних витрат транспортних компаній.

Ще одним сучасним трендом є повна відмова від готівки. Міста впроваджують автоматизовані системи електронного квитка та оплати через смартфони або банківські картки. У Києві з жовтня 2022 року запроваджено контактну оплату проїзду в наземному транспорті, де пасажирі прикладають будь-яку безконтактну банківську карту або смартфон з NFC до валідатора. Це робить оплату зручною та прозорою як для пасажирів, так і для операторів. Місто та перевізники отримують повний контроль над обігом коштів, а пасажирі отримують підвищення якості розрахунку за проїзд. Аналогічні системи давно працюють за кордоном – у Лондоні контактні карти та мобільні платежі використовуються в 40 % усіх поїздок по місту. З 2012 року ними оплачено понад мільярд поїздок.

Цифровізація платежів підвищує швидкість та пропускну здатність транспорту, а також зменшує витрати на обслуговування кас та контролерів. Наприклад, перехід на безконтактні системи дозволив скоротити штат працівників, що звітували за прийом оплати, і відповідні соціальні витрати перевізників. Дослідження Visa показують: понад 90 % пасажирів очікують можливості безконтактної оплати в транспорті, а для третини вона є ключовим

стимулом користуватися громадським транспортом. Впровадження єдиного електронного квитка в українських містах (як-от «Картка тернополянина») посилює цей ефект, даючи змогу аналізувати пасажиропотоки та гнучко планувати тарифи.

Комодифікація перевезень – наступна тенденція розвитку пасажирського транспорту. Під комодифікацією розуміється зміна ролі пасажирів. Пасажир самостійно обирає та комбінує режими пересування, оцінюючи вартість, час у дорозі, комфорт, очікування тощо. Тобто пасажир самостійно комерціалізує свою поїздку, вибираючи оптимальний модальний ланцюжок, наприклад, поєднуючи автобус і каршерінг або метро й самокат, щоб мінімізувати сумарні витрати часу і коштів. Такі рішення приймаються на основі актуальної інформації зі «сма́рт» платформ: додатки показують розклад, затори, ціни й дають рекомендації в реальному часі. У свою чергу перевізники аналізують бігдату пасажирської поведінки і оперативно підлаштовують мережі маршрутів та пропозиції. Наприклад, збільшують частоту на популярних напрямках або застосовують диференційовані тарифи. У результаті пасажир фактично бере участь у керуванні транспортними потоками. Це знижує необхідність залучати зовнішні консалтингові служби для планування маршрутів і дає змогу економити кошти на непотрібні рейси. Одночасно операторам підвищується прибутковість, тому що вони більш точно підганяють пропозицію під попит. Завдяки цьому запроваджуються системи гнучких тарифів, які сигналять пасажирів про знижки під час меншої завантаженості, стимулюючи їх розподілятися протягом дня. Як наслідок, зростає ефективність перевезень та рентабельність перевізників.

Електрифікація передбачає перехід рухомого складу на електроенергію. Це стосується не лише пасажирських транспортних засобів, але й такої інфраструктури, як зарядні станції та «розумні» мережі. Збільшення частки електротранспорту у парку скорочує витрати перевізників на пальне і технічне обслуговування. Електродвигуни мають менше рухомих частин, відсутні складні двигуни внутрішнього згорання та система охолодження, тож потреба в

регламентних ремонтах суттєво знижується. Наприклад, Київ почав масштабно закуповувати електробуси (у тендері 2022 року оголошено перші партії), а Львів планує мати повністю «зелені» автобусні маршрути.

На міжнародному рівні діють стимули та нормативи. Єврокомісія вимагає, щоб до 2030 року 90 % нових міських автобусів були електричними (або водневими). Це зобов'язання сприятиме зменшенню викидів CO₂ та забруднюючих речовин у містах. В Україні діє система пільг на імпорт електромобілів, а місцева влада отримує гранти на встановлення зарядних станцій. Завдяки широкому переходу на електротранспорт очікується зниження експлуатаційних витрат перевізників і зменшення рівня шумового та екологічного забруднення в містах.

Тенденція просторового переміщення автотранспорту передбачає розвантаження традиційної дорожньої інфраструктури за рахунок багаторівневих рішень. У перспективі частину пасажирського руху планують «перенести в простір», тобто активніше використовувати підземні та надземні шляхи. До підземних відносять метро, тунелі, тунельний автомобільний рух. До надземних – монорейки, канатні дороги, дрони, eVTOL.

Вже зараз міста розглядають будівництво нових метро і пропонують проєкти повітряних таксі. Наприклад, у Львові реалізовано проєкти канатних доріг над переповненими вулицями, а у Києві досліджують технології магістральних тунелів для автобусів.

Перехід на просторове переміщення дозволяє оптимізувати бюджет розвитку транспортної інфраструктури. За рахунок підземних і повітряних коридорів зменшується потреба у розширенні доріг і мостів на поверхні, що стримує надмірне зростання міського простору. Крім того, перевізники отримують вигоду, адже знижується кількість простоїв та аварій, спричинених дорожніми перешкодами, світлофорами чи заторами. Загалом, ця технологія сприяє підвищенню мобільності містян без додаткової забудови поверхні та зниженню витрат на обслуговування традиційних доріг.

Аналіз сучасних трендів показує зосередженість на синергії технологій і сталості. Зазначені вище тенденції взаємопов'язані і разом впливають на ефективність та фінансову результативність пасажирських перевезень. Наприклад, синергетична інтеграція ІТ-систем скорочує адміністративні витрати перевізників, а електрифікація дозволяє економити на паливі й техобслуговуванні. Впровадження кожного з трендів супроводжується науковим та практичним обґрунтуванням – міжнародними дослідженнями, стратегічними документами, звітами міст і компаній. Останнє забезпечує системний розвиток «розумних» перевезень, які є більш ефективними, економічними та безпечними.

Автономні системи – електронне керування та технології безпеки – значно підвищують безпеку руху. Вбудовані в транспортні засоби системи активної безпеки, такі як автоматичне екстрене гальмування, утримання в смузі, моніторинг сліпих зон тощо, скорочують кількість аварій, мінімізуючи вплив людського фактора.

В умовах великих міст досліджують і впроваджують самохідні автобуси і вагони. Так, у Німеччині заплановано випустити на маршрут безпілотний електроавтобус MAN «BeIntelli» у центрі Берліна. Аналогічно в Швеції ще 2019 року було оголошено про випуск безпілотних автобусів для спеціальної смуги поблизу Стокгольма. Такі проекти демонструють перспективність автономних перевезень.

Підвищення автономності веде до зниження людських помилок. Системи безпеки уникають ризикованої їзди водіїв, а дистанційний моніторинг виключає порушення швидкісного режиму. Це зменшує травматизм та аварійні випадки на транспорті. Як результат, зростання рівня безпеки призводить до зниження витрат перевізників на страхування і компенсацій у разі ДТП. У глобальному вимірі аналізи доводять, що впровадження ADAS (Advanced Driver Assistance Systems) може суттєво знизити кількість загиблих та травмованих у дорожньо-транспортних пригодах. До прикладу, поєднання систем екстреного гальмування та контролю швидкості може зменшити

смертність на 6–7 % уже до 2030 року. Таким чином, автономні технології роблять перевезення безпечнішими і знижують загальні витрати на ДТП.

У контексті трансформації транспортної інфраструктури України все більшого значення набувають інтелектуальні транспортні системи як основа для розвитку смартперевезень. Хоча темпи зростання інвестицій у 2023 р. дещо сповільнились через глобальну геополітичну нестабільність, проте стратегічна роль цифрових рішень у транспорті залишається пріоритетною для більшості регіонів (рис. 1.4).

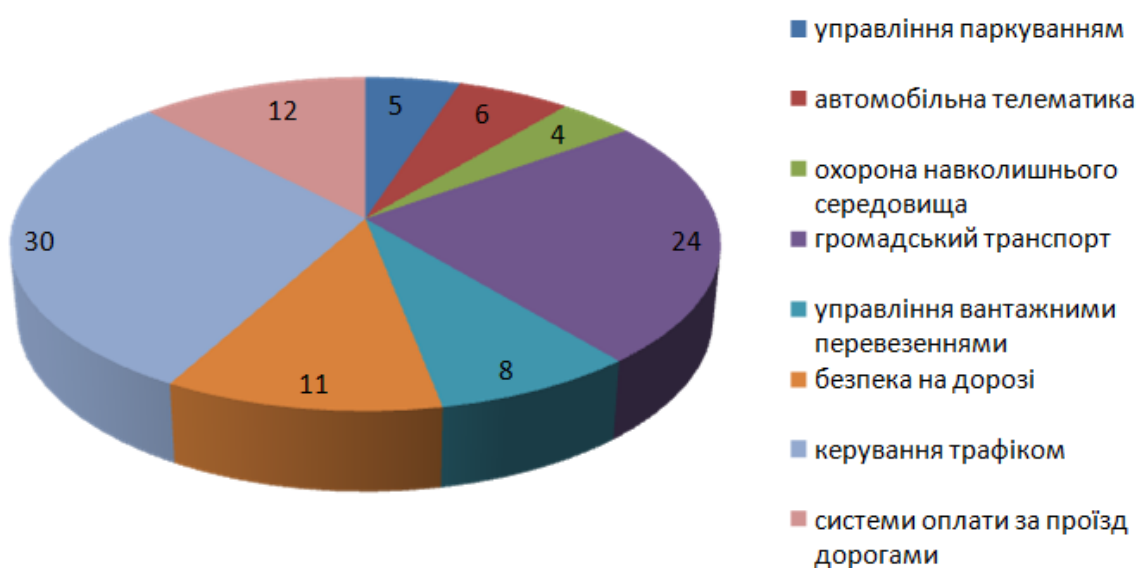


Рисунок 1.4. Частка ринку інтелектуальних транспортних систем за напрямками імплементації, 2023 р.

Прогнозоване зростання світового ринку ІТС до 52,24 млрд дол. США до 2030 року свідчить про сталу динаміку модернізації транспортної галузі, зокрема в напрямках управління дорожнім рухом, оптимізації пасажиропотоків, ціноутворення на транспорті та інтеграції медичних і інформаційних транспортних сервісів.

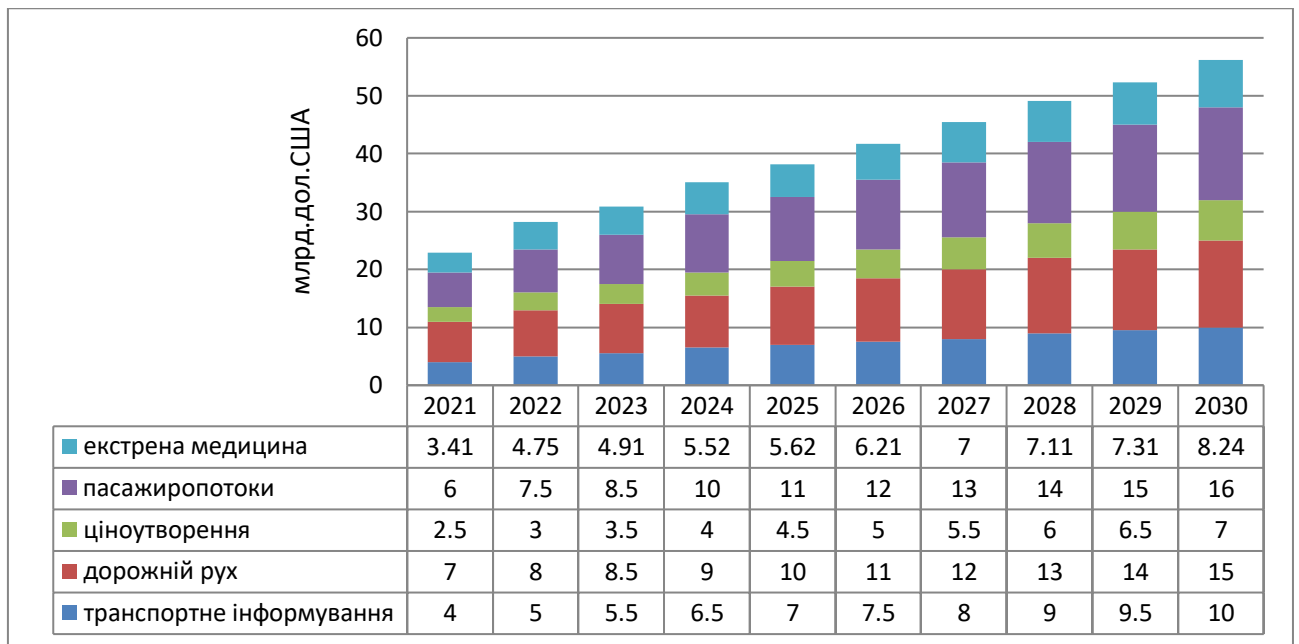


Рисунок 1.5 Ринок інтелектуальних транспортних систем у розрізі видів за 2021–2030 рр. (млрд дол. США)*

Водночас в Україні зберігається розрив між темпами цифровізації великих міст і невеликих громад. Якщо обласні центри поступово впроваджують комплексні інтелектуальні рішення (як-от KyivSmartCity, е-квиток у Тернополі, GPS-навігація у Львові), то малі міста та ОТГ стикаються з низкою бар'єрів: обмеженим фінансуванням, недостатнім технічним оснащенням, слабкою ІТ-інфраструктурою та низькою цифровою грамотністю населення.

1.3. Аналіз транспортної системи м. Теремовлі

Через центральну частину м. Теремовля, що на Тернопільщині, проходить автомобільна магістраль міжнародного значення М-19, яка є частиною європейського транспортного коридору Е85. Це забезпечує пряме сполучення міста з обласним центром — Тернополем, а також з такими регіональними центрами, як Чернівці, Луцьк та інші. На окремих ділянках дорожнього покриття (особливо після перехрестя з автошляхом Т-09-03)

спостерігається зниження якості інфраструктури: асфальтове покриття змінюється на бруківку, яка не оновлювалась тривалий час, що негативно впливає на комфорт і швидкість пересування.

Станом на 2025 рік проєкт будівництва об'їзної дороги, яка мала б розвантажити центральні вулиці — Князя Василька та Тернопільську, залишається незавершеним. Хоча деякі інженерні споруди, зокрема мостові переходи, були зведені, будівництво зупинене через відсутність фінансування. Завершення об'їзної дороги могло б суттєво зменшити навантаження на внутрішньоміські шляхи, підвищити безпеку дорожнього руху та зменшити рівень шумового і екологічного навантаження на місто.

Автостанція Терєбовлі, розташована поблизу центру, виконує функцію основного вузла пасажирських перевезень. Забезпечується регулярне сполучення з обласним центром — м. Тернополем, а також з Івано-Франківськом, Ворохтою, Мукачевом та навколишніми селами. Водночас сполучення з Києвом та Львовом є нерегулярним і малопопулярним серед мешканців через високу вартість квитків.

Приміський і внутрішньоміський транспорт представлений переважно маршрутними таксі та легковими автомобілями служб таксі ("Сяйво", "Таксі-Плюс", "Таксі-Княже"). Спостерігається недостатній розвиток муніципального транспорту. На території міста фактично відсутній громадський транспорт у класичному розумінні — з чітким графіком, тарифікацією та диспетчеризацією. Переміщення між мікрорайонами, такими як Сади, Застінки, Сільгосптехніка, здійснюється здебільшого приміськими маршрутами або приватними авто.

На вулиці Тернопільській функціонують дві автозаправні станції, що забезпечують потреби в паливі як приватного, так і комерційного транспорту.

Аналіз географії напрямків автобусних рейсів, що відправляються з Терєбовлянського автовокзалу протягом доби, дає змогу виявити диспропорції у покритті різних регіонів. На основі вибірки рейсів із чітко вказаними пунктами призначення побудовано таблицю, яка відображає кількість рейсів у

розрізі адміністративних областей, міжнародного напрямку та їхню частку в загальній кількості:

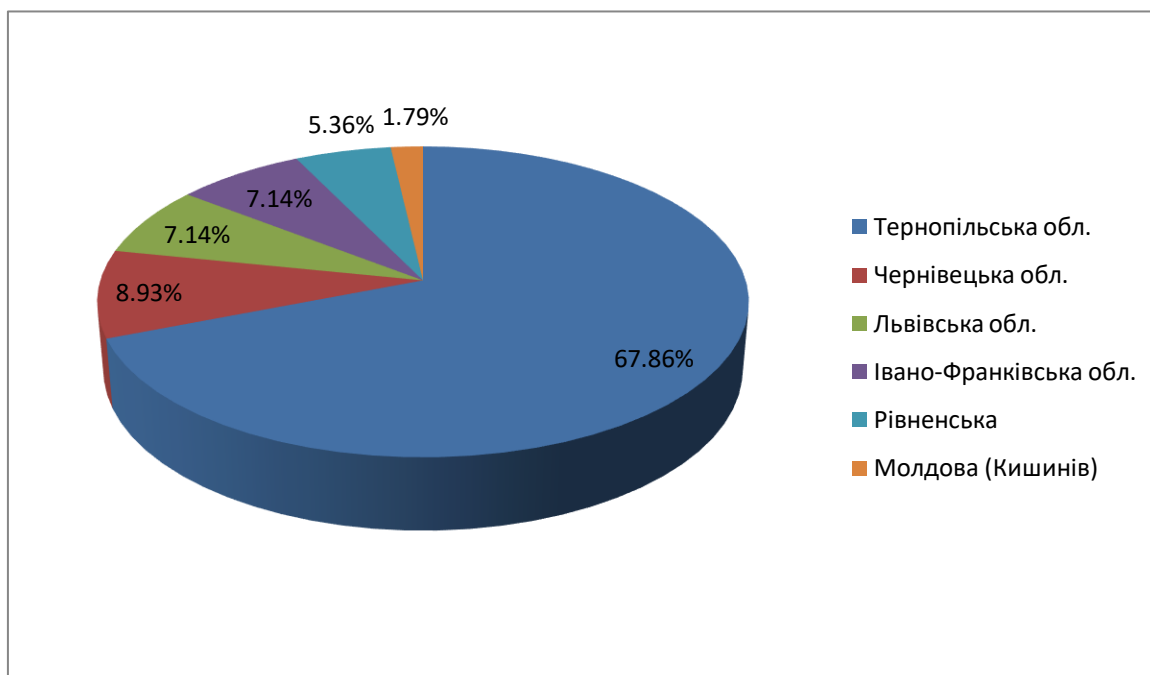


Рисунок 1.6. Розподіл міжрегіональних пасажирських перевезень з автостанції м. Тербовля

Отримані результати свідчать про значне переважання внутрішньообласних маршрутів — понад дві третини рейсів здійснюються в межах Тернопільської області. Це може вказувати як на високу потребу в локальній мобільності, так і на недооцінений потенціал міжрегіональних або міжнародних перевезень. Міжобласні рейси до Чернівецької, Львівської, Івано-Франківської та Рівненської областей становлять менше третини від загальної кількості, що є можливістю для подальшого розвитку транспортного сполучення з цими регіонами. Міжнародний напрям представлений лише одним рейсом до Кишинева (Молдова) свідчить про низький рівень розвитку транскордонних маршрутів з цієї точки відправлення.

Географічний аналіз демонструє наявність дисбалансу в розподілі рейсів та дозволяє сформулювати пропозиції для оптимізації маршрутної мережі,

зокрема через покращення доступу до сусідніх регіонів з урахуванням економічних і соціальних зв'язків та розширення міжобласного сполучення.

Частота автобусних рейсів опосередковано свідчить про попит на дані напрямки. Велика кількість рейсів на окремі населені пункти свідчить про те, що:

1. існує стабільний пасажиропотік;
2. напрямок є соціально або економічно важливим;
3. відбувається регулярне сполучення для роботи, навчання чи обслуговування сіл.

На основі даних про внутрішньообласні рейси складено таблицю з найбільш частими маршрутами (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2. - Внутрішньообласні рейси*

№	Населений пункт	Кількість рейсів	Частка від загалу**
1	Ласківці	5	8,93%
2	Романівка	4	7,14%
3	Іванівка	4	7,14%
4	Чортків	4	7,14%
5	Борщів	3	5,36%
6	Гумниська	3	5,36%
7	Хоростків	2	3,57%
8	Скала-Подільська	2	3,57%
9	Заліщики	2	3,57%
10	Великий Говилів	2	3,57%
11	Біла	2	3,57%
12	Хмелівка	2	3,57%
13	Окопи	2	3,57%
14	Сороцьке	2	3,57%
15	Могилів-Подільський	2	3,57%
16	Золоте (через Більче)	2	3,57%
17	Сушин	2	3,57%
18	Золотий Потік	2	3,57%
19	Городенка	2	3,57%
20	Різдвяни	2	3,57%
21	Коломия	2	3,57%
22	Решта (по 1 рейсу) — 34 напрямки	34	60,71%
	Усього	56	100%

* враховані напрямки з м. Тереховлі.

**частка обрахована як (кількість рейсів на пункт / загальна кількість рейсів) × 100%.

Ласківці, Романівка, Іванівка та Чортків є найчастіше обслуговуваними напрямками, що свідчить про високий попит на перевезення в даних напрямках (сукупно понад 30% усіх рейсів). Більшість напрямків (понад 48%) обслуговуються лише 1 раз на добу, що може свідчити про низький попит, про віддаленість населених пунктів, недостатній розвиток сполучення.

Якщо порівняти з географічним розподілом, то найчастіше обслуговуються саме внутрішньообласні напрямки (Тернопільська область) — що також вказує на локальну природу основного попиту.

Для таких міст, як Теребовля, розвиток інтелектуальних транспортних систем може стати поштовхом до зміцнення регіональної мобільності, оптимізації маршрутної мережі, підвищення якості перевезень і прозорості у сфері транспортного обслуговування. Впровадження навіть базових ІТС-рішень (автоматизоване планування розкладів, GPS-моніторинг, електронний квиток) дозволяє громадам наблизитись до стандартів смартміст, водночас адаптуючи ці рішення до локального контексту.

З огляду на успішні приклади муніципального управління в середніх містах, Теребовлянська громада має потенціал до створення пілотної моделі цифрового керування пасажирськими перевезеннями з акцентом на прозорість, енергоефективність та орієнтацію на потреби мешканців.

РОЗДІЛ 2. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ РІШЕНЬ

2.1. Оптимізація рейсів для підвищення ефективності пасажирських перевезень

Аналіз розкладу руху автобусів по автовокзалу Теремовля за часом відправлення може дати корисну аналітичну інформацію для покращення транспортної логістики. Аналіз пікових та непікових годин дозволить визначити години найбільшої концентрації відправлень, встановити, чи відповідає розклад реальним пасажиропотокам та дозволить виявити нерівномірність у навантаженні на інфраструктуру.

Аналіз інтервалів між рейсами дозволить визначити надмірні або, навпаки, занадто рідкі інтервали, які можуть створювати незручності для пасажирів.

Години найбільшої концентрації відправлень відображені на рисунку 2.1.

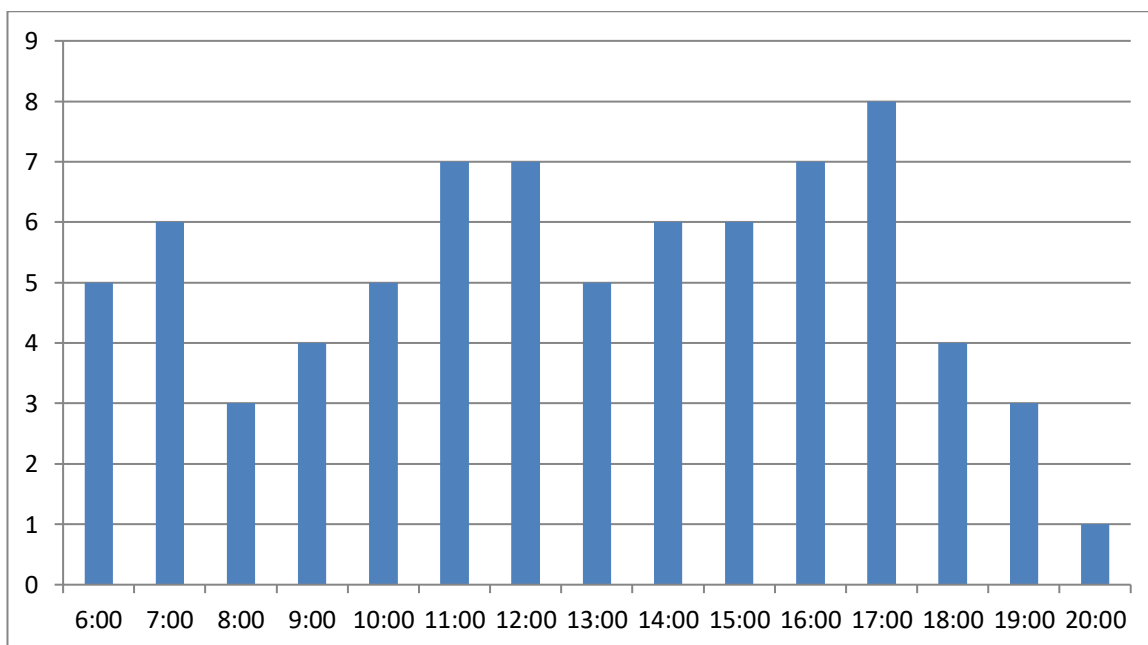


Рисунок 2.1. Кількість відправлень за годинами (з м. Теремовлі)

Години пікового навантаження: (найбільше відправлень):

- 17:00 – 8 відправлень;

- 11:00, 12:00, 16:00 – по 7 відправлень;

- 07:00, 14:00, 15:00 – по 6 відправлень.

Отже, найбільш навантажена година — 17:00, за нею йдуть 11:00, 12:00, 16:00.

Аналіз інтервалів між рейсами з автовокзалу Теремовля в напрямку обласного центру свідчить про більше пів сотні рейсів в день в часовому діапазоні 06:55–21:10 (таблиці 2.1).

Таблиця 2.1. Розподіл кількості рейсів на годину

Часовий інтервал	К-сть рейсів	Інтервал між рейсами (середній), хв	Попит
06:00–06:59	1	—	Початок
07:00–07:59	10	6 хв	Перенавантаження
08:00–08:59	5	12 хв	Висока частота
09:00–09:59	5	12 хв	Збалансовано
10:00–10:59	4	15 хв	Стабільний
11:00–11:59	5	12 хв	Стабільний
12:00–12:59	5	12 хв	Стабільний
13:00–13:59	6	10 хв	Пікове навантаження
14:00–14:59	3	20 хв	Зниження
15:00–15:59	4	15 хв	Середній попит
16:00–16:59	6	10 хв	Пікове навантаження
17:00–17:59	5	12 хв	Високий попит
18:00–18:59	1	—	Відсутність
19:00–19:59	2	20 хв	Помірно-знижений
20:00–20:59	2	20 хв	Помірно-знижений
21:00–21:59	2	10 хв	Помірно-знижений

Аналіз графіку автобусних рейсів за маршрутом Теремовля — Тернопіль виявив суттєву нерівномірність у розподілі відправлень протягом дня. Зокрема, у проміжку 07:00–08:00 зафіксовано 10 рейсів із середнім інтервалом 6 хвилин, що свідчить про перенасичення графіка й потенційне дублювання маршрутів. Натомість у вечірній час (з 18:15 до 19:05) наявний інтервал понад 50 хвилин без жодного рейсу, що може створювати труднощі для пасажирів у зворотному напрямку. Оптимізація розкладу з урахуванням реального пасажиропотоку дозволила б зменшити загальну кількість рейсів на 10% без втрати якості обслуговування, водночас покращивши завантаження автобусів. Таким чином, потенціал для оптимізації рейсів на Тернопіль з автовокзалу Теремовля полягає у перерозподілі кількості рейсів у пікові та непікові години; зменшенні

дублювань; заповненні вечірніх провалів; впровадженні ІТС (що допоможе підвищити ефективність перевезень на 15–20%).

Оптимізаційні можливості автобусних рейсів:

1. Зменшити рейси в проміжок 07:00–08:00 з 10 до 6, об'єднавши менш заповнені.
2. Додати 1-2 рейси в діапазоні 18:00–19:00, тим самим заповнивши “мертву зону”.
3. Перерозподілити рейси, забезпечивши інтервал у 10–15 хв у пікові години та 20 хв у непікові.
4. Зменшити загальну кількість рейсів на 6 одиниць без втрати якості сервісу.

Застосування інтелектуальних транспортних систем (ІТС) у цьому випадку є обґрунтованим, оскільки дозволить здійснювати моніторинг пасажиропотоку в реальному часі, адаптувати розклад під динамічний попит, зменшити холості пробіги та підвищити загальну ефективність перевезень на 15–20%.

ІТС допоможе зекономити кошти за рахунок:

- зниження холостих пробігів;
- підвищення наповненості рейсів;
- розумного планування в умовах обмеженого бюджету.

Важливими та корисними елементами ІТС на даному напрямку у майбутньому стануть:

- Моніторинг реального пасажиропотоку для коригування розкладу;
- Інформаційне табло для пасажирів (ЕТА, затримки, наступні рейси);
- Аналітика завантаження автобусів — уникнення дублювань і порожніх рейсів;
- Оптимізація маршрутів і розкладу на основі даних;
- Мобільні додатки з відстеженням транспорту — покращення зручності.

2.2. Впровадження цифрових рішень у сфері пасажирських перевезень у Тереховлянській громаді

Впровадження інтелектуальних транспортних систем (ІТС) у м. Тереховля є актуальним кроком для підвищення ефективності транспортної мережі. Зокрема, застосування ІТС дозволить:

1. Моделювати транспортні потоки в режимі реального часу та оптимізувати рух приміських маршрутів (напр. Тернопіль – Тереховля) шляхом введення динамічного графіка відповідно до попиту;
2. Впровадити електронні табло на зупинках з інформацією про час прибуття транспорту, що підвищить рівень комфорту пасажирів;
3. Здійснювати моніторинг пасажиропотоку, що дозволить раціонально перерозподіляти ресурси, уникати дублювання рейсів та зменшити кількість напівпорожніх автобусів у непікові години;
4. Розробити мобільний додаток для жителів і гостей міста з доступом до маршрутів, розкладів та купівлі квитків онлайн.

У контексті цифрової трансформації муніципальних послуг однією з пріоритетних сфер виступають пасажирські перевезення, що закладають підґрунтя до формування смартміста. Необхідність забезпечення комфортного пересування громадян, підвищення ефективності діяльності перевізників, оптимізації бюджетних витрат та доходів від перевезень актуалізує впровадження інформаційно-комунікаційних технологій у транспортну сферу навіть на рівні малих громад.

Хоча в Україні найбільш активно цифровізація транспорту реалізується в обласних центрах та великих агломераціях, Тереховлянська міська громада також має об'єктивну потребу у впровадженні окремих елементів інтелектуальних транспортних систем. Станом на сьогодні відсутні базові цифрові рішення. Це ускладнює планування маршрутів, облік пасажирів та аналіз ефективності роботи перевізників. Проте наявність туристичного потенціалу, активного залізничного вузла та міграційної мобільності жителів громади формує підґрунтя для ініціатив у сфері цифрової інтеграції транспорту.

Таким чином, розвиток цифрових елементів транспортної системи у Тереховлянщині є не лише актуальним, а й стратегічно доцільним для підвищення якості життя, логістичної спроможності громади та її інвестиційної привабливості.

При цьому базовими цифровими рішеннями в даному випадку є:

- GPS-моніторинг руху автобусів;
- електронна оплата;
- мобільні за стосунки;
- електронні табло.

З огляду на зростаючу актуальність цифрової трансформації муніципальних послуг та наявні виклики в організації пасажирських перевезень у малих містах, доцільним є формування локальної дорожньої карти цифровізації, орієнтованої на поступове впровадження інтелектуальних транспортних рішень. Тереховля, як історично значуще місто з туристичним потенціалом, може стати прикладом ефективної інтеграції ІТС-рішень у регіональному контексті. Пропозиції щодо впровадження цифрових рішень і укорінення конкретних ідей застосування ІТС.

1. Впровадження єдиного електронного квитка для приміського сполучення.

Передбачається інтеграція маршрутів Тернопіль–Тереховля з міжобласними напрямками (зокрема Івано-Франківськ, Чернівці). Універсальний квиток може використовуватись у автобусах, електричках, із можливістю онлайн-поповнення через мобільний застосунок або термінали. Це рішення сприятиме обліку пасажиропотоку, зменшенню готівкового обігу та зручності для туристів і місцевих жителів.

2. Створення міні-центру транспортної аналітики при громаді або обласній військовій адміністрації.

Центр здійснюватиме збір і обробку даних із GPS-трекерів, камер відеоспостереження, платіжних терміналів. Це дозволить моделювати пасажиропотоки, виявляти перевантажені ділянки маршрутів, адаптувати

розклад до реальних потреб. Також центр може готувати документацію для участі у державних та міжнародних проєктах (напр. «Велике будівництво», програми Interreg, гранти Мінрегіону).

3. Запуск «розумної» зупинки в центральній частині міста.

Розумна зупинка включатиме електронне табло з прогнозом прибуття транспорту (на основі GPS), камеру спостереження, Wi-Fi, сенсорне освітлення. Для покращення туристичного досвіду передбачено нанесення QR-кодів на місцеві пам'ятки, інтерактивну карту маршрутів, а також доступ до мультимовного навігаційного контенту.

4. Розробка мобільного застосунку “Теребовля SMART-Транспорт”.

Додаток стане платформою для інформування про розклад, надаватиме push-нагадування про наближення транспорту, показуватиме мапу маршрутів у режимі реального часу. Також у застосунку буде реалізовано функцію скарг, оцінювання перевізників, зворотного зв'язку з громадою, що сприятиме підвищенню прозорості та пасажирської довіри. Для туристів додаток може включати інтерактивний гід містом.

5. Пілотний проєкт мультимодального транспортного хабу “Теребовля-Транспорт”.

Пропонується облаштувати зону зручної пересадки біля залізничного вокзалу або центрального ринку. Інфраструктура хабу може включати паркінг, велостоянку, зарядну станцію для електросамокатів, табло розкладу автобусів і потягів, інформаційний кіоск із туристичними сервісами. Такий вузол забезпечить зручну інтеграцію різних видів транспорту та підвищить мобільність мешканців.

Упровадження наведених цифрових ініціатив у Теребовлянській громаді дозволить не лише підвищити якість місцевих перевезень, а й закладе підґрунтя для формування ефективної, прозорої та орієнтованої на користувача транспортної системи. У контексті євроінтеграційного вектору України це сприятиме розвитку «розумної громади» (smart community), покращить

інвестиційну привабливість регіону та інтегрує Теребовлю у цифрову транспортну екосистему області.

Для аналізу сильних та слабких сторін, можливостей та загроз, наведено SWOT-аналіз цифрової готовності транспортної системи Теребовлянщини.

Таблиця 2.2. - SWOT-аналіз цифрової готовності транспортної системи

Сильні сторони (Strengths)	Слабкі сторони (Weaknesses)
- Наявна маршрутна мережа автотранспорту	- Відсутність GPS-моніторингу руху транспорту
- Залізничне сполучення (Теребовля – Тернопіль – далі)	- Відсутність електронного квитка
- Туристичний потенціал громади	- Відсутність системного обліку пасажиропотоку
- Активність громади у цифрових проєктах інших сфер	- Низька обізнаність населення про ІТС
Можливості (Opportunities)	Загрози (Threats)
- Впровадження смарт-зупинок, QR-розкладів	- Опір змінам з боку окремих перевізників
- Співпраця з проєктами міжнародної допомоги	- Недостатнє фінансування на запуск ІТС
- Пілотне впровадження мобільного застосунку	- Застарілі автобуси, технічна несумісність
- Інтеграція з системами обласного рівня (е-білет тощо)	- Відсутність фахівців ІТ-інтеграції на місцях

Беручи до уваги дані таблиці 2.2, наведемо поетапного впровадження цифрових рішень у транспортну систему Теребовлянської громади, з орієнтовними строками та базовими витратами (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3. - Поетапне впровадження цифрових рішень у сфері пасажирських перевезень у Теребовлянській громаді (2025–2027) *

Етап	Цифрове рішення	Строк реалізації	Орієнтовна вартість (тис. грн)	Джерела фінансування
1	2	3	4	5
1	Встановлення GPS-трекерів на маршрутки	2025, I півріччя	150 (10 трекерів по 15000)	Місцевий бюджет / донори
2	Мобільний застосунок або Telegram-бот для відстеження транспорту	2025, II півріччя	100 (розробка + підтримка)	Місцевий бюджет / технічна допомога

1	2	3	4	5
3	Встановлення двох смарт-зупинок (Wi-Fi, табло, освітлення)	2026, I півріччя	400 (2 × 200 тис.)	ДФРР / гранти / публічно-приватне партнерство
4	Впровадження електронного квитка (пілотний маршрут)	2026, II півріччя	300 (валідатори, софт)	Місцевий бюджет / перевізник
5	Підключення до обласної транспортної платформи (є-квиток, дані)	2027	50	Обласний бюджет / міжнародні програми
6	Аналітичний модуль для обліку пасажиропотоку і завантаження	2027	80	Громада / освітній заклад

* сформовано на основі досвіду міст U-LEAD, OpenDataBot, SmartCity хабів

Дані таблиці 2.3. адаптовано для реалій малих громад, з урахуванням вартості обладнання, ІТ-послуг та досвіду пілотних проєктів в Україні.

Технологічні інновації безпосередньо сприяють підвищенню прозорості та керованості транспортного процесу. Встановлення GPS-трекерів забезпечує реальний моніторинг руху, дозволяє виявляти відхилення від графіків і підвищує дисципліну перевізників. У поєднанні з мобільним застосунком або Telegram-ботом пасажери отримують зручний інструмент для планування поїздок, що підвищує рівень довіри до муніципального транспорту.

Впровадження цифрових рішень покращить загальний стан транспортної системи регіону та буде нести позитивні наслідки, які зазначені на рис. 2.2.

Цифрове рішення	Очікувані результати
Встановлення GPS-трекерів на маршрутки	Моніторинг у реальному часі, контроль за графіками руху
Мобільний застосунок або Telegram-бот для відстеження транспорту	Зручність для пасажирів, прозорість у роботі перевізників
Встановлення двох смарт-зупинок (Wi-Fi, табло, освітлення)	Сучасна інфраструктура, інклюзивність, безпечне очікування
Впровадження електронного квитка (пілотний маршрут)	Автоматизація обліку пасажирів, зменшення тіньового доходу
Підключення до обласної транспортної платформи (є-квиток, дані)	Інтеграція з Тернополем, обмін даними, планування маршрутів
Аналітичний модуль для обліку пасажиропотоку і завантаження	Науково обґрунтовані рішення щодо маршрутної мережі

Рисунок 2.2. Очікувані результати впровадження цифрових рішень у сфері пасажирських перевезень у Теребовлянській громаді.

Впровадження цифрових рішень у сфері пасажирських перевезень у малих громадах, зокрема в умовах Теребовлянської територіальної громади, є стратегічно важливим напрямом модернізації транспортної системи.

Елементи цифрової інфраструктури, зокрема “розумні” зупинки, створюють безпечніше, комфортніше та інклюзивніше середовище для очікування транспорту, особливо для вразливих категорій населення — людей з інвалідністю, літніх осіб та дітей. Це відповідає концепції сталого розвитку громад та сприяє підвищенню якості життя мешканців.

Впровадження електронного квитка навіть на обмеженому пілотному маршруті закладає основу для подальшої автоматизації обліку пасажиропотоку та зменшення неформальних грошових розрахунків, що в довгостроковій перспективі матиме фіскальний ефект для місцевого бюджету. Водночас інтеграція з обласною транспортною платформою дозволить підвищити сумісність та ефективність перевезень на міжмуніципальному рівні, зокрема з м. Тернопіль.

Аналітичні модулі, що базуються на обробці великих масивів даних, відкривають нові можливості для науково обґрунтованого транспортного планування. Завдяки точному аналізу завантаженості маршрутів, пікових годин і нерівномірностей у пасажиропотоці органи управління можуть ухвалювати більш раціональні рішення щодо оптимізації маршрутної мережі. Загалом, впровадження цифрових рішень у малих громадах, адаптованих до місцевих бюджетних та організаційних можливостей, є не лише технічно можливим, але й економічно доцільним. Очікувані позитивні ефекти від таких нововведень формують передумови для підвищення ефективності пасажирських перевезень, посилення контролю з боку органів місцевого самоврядування, а також стимулюють довіру населення до громадського транспорту як до надійного та сучасного виду мобільності.

2.3. Матриця ризиків цифрової трансформації пасажирських перевезень

Наведемо приклад таблиці ризиків для впровадження цифрових рішень у сфері пасажирських перевезень на Тербовлянщині.

Оцінювання ризиків цифрової трансформації у сфері пасажирських перевезень проводиться з використанням класичної матриці ризиків, яка є частиною методології управління ризиками, широко застосовуваної у проєктному менеджменті.

Матриця ризиків дозволяє візуалізувати та ранжувати ризики за двома критеріями. Імовірність виникнення ризику (P, Probability) – відображає, наскільки ймовірно, що подія відбудеться. Сила впливу ризику (I, Impact) – оцінює потенційні наслідки, якщо ризик реалізується.

Розрахунок рівня ризику здійснюється за формулою:

$$R = P \times I \quad (2.1)$$

де:

- P – [0;1]
- I – {1,2,3,4,5}
- R – [0;5] — ризиковий бал.

Імовірність визначається на основі експертних оцінок, а саме опитування фахівців галузі, представників перевізників, місцевої влади (табл. 2.1.)

Таблиця 2.4. - Шкала оцінки імовірності

Значення	Опис
0.1	Дуже мало ймовірно (вкрай рідко трапляється)
0.3	Можливо (є деяка ймовірність появи)
0.5	Середня ймовірність (є приклади в інших громадах)
0.7	Ймовірно (трапляється часто в подібних умовах)
0.9	Дуже ймовірно (висока вірогідність реалізації)

Вплив (I) оцінюється за такими критеріями:

- фінансові наслідки (втрати, збої в транспортному обслуговуванні);

- організаційний вплив (вплив на управління транспортом, затримки в реалізації проєктів);
- соціальний ефект (довіра населення, якість послуг);
- іміджеві та правові наслідки.

Таблиця 2.5. Шкала оцінки сили впливу ризику

Бал	Вплив	Характеристика
1	Дуже низький	Мінімальні втрати, легко усувається
2	Низький	Обмежений локальний вплив
3	Середній	Відчутний для кількох сторін, потребує реагування
4	Високий	Впливає на реалізацію проєкту або бюджету
5	Критичний	Руйнує проєкт або призводить до значних втрат/конфліктів

Дані для оцінки впливу отримуються з експертних обговорень та за допомогою опитувальників серед залучених сторін – перевізники, громадські організації, пасажери.

Даний метод застосовано для формування матриці ризиків, яка дозволила ідентифікувати критичні, високі, середні та низькі загрози, що можуть перешкоджати ефективному впровадженню інтелектуальних транспортних систем (ІТС).

Таблиця 2.6 - Ризики впровадження цифрових рішень у транспортній сфері та шляхи їх мінімізації

№	Потенційний ризик	Опис прояву	Компенсатори / шляхи пом'якшення ризику
1	2	3	4
1	Недостатнє фінансування	Відсутність бюджету на реалізацію етапів	Залучення грантів, участь у держпрограмах (ДФРР, USAID, U-LEAD, DOBRE)
2	Опір з боку перевізників	Відмова від встановлення GPS або участі в системі е-квитка	Проведення діалогу, компенсації у вигляді технічної підтримки або пільг
3	Низький цифровий рівень населення	Пасажири не використовують застосунок або е-квиток	Інформаційна кампанія, друк інструкцій на зупинках, навчальні відео
4	Відсутність ІТ-фахівців у громаді	Труднощі в обслуговуванні програмного забезпечення	Залучення ІТ-волонтерів, фахівців із закладів освіти, партнерство з ІТ-компаніями

продовження табл. 2.6.

1	2	3	4
5	Вандалізм або пошкодження смарт-зупинок / табло	Знищення або пошкодження обладнання	Відеонагляд, публічне залучення громади до охорони майна
6	Технічна несумісність обладнання (наприклад, старі автобуси)	Неможливість встановлення валідаторів або трекерів	Використання мобільних валідаторів, поетапне оновлення техніки
7	Слабке покриття інтернетом на маршрутах	Відсутність стабільної передачі даних з GPS	Встановлення буферного збереження даних з подальшим переданням
8	Висока вартість обслуговування після запуску	Зростання витрат громади на підтримку ІТС	Залучення абонплати / співфінансування з перевізниками / навчання локальних кадрів
9	Невідповідність нормативної бази	Відсутність чітких процедур реалізації ІТС на місцевому рівні	Використання кейсів інших громад, підтримка профільного міністерства

Здійснимо аналіз ризиків через матрицю ризиків (імовірність × вплив) для впровадження цифрових рішень у сфері пасажирських перевезень на Тербовлянщині.

Таблиця 2.7 - Матриця ризиків цифрової трансформації пасажирських перевезень

№	Ризик	Імовірність (Р)	Вплив (І)	Ризиковий бал)	Категорія ризику
1	Недостатнє фінансування	0.8	5	4.0	Критичний
2	Опір перевізників	0.6	4	2.4	Високий
3	Низький цифровий рівень населення	0.7	3	2.1	Високий
4	Відсутність ІТ-фахівців	0.5	3	1.5	Середній
5	Вандалізм	0.4	3	1.2	Середній
6	Технічна несумісність	0.3	4	1.2	Середній
7	Погане покриття інтернетом	0.6	2	1.2	Середній
8	Висока вартість обслуговування	0.5	3	1.5	Середній
9	Невідповідність нормативної бази	0.2	3	0.6	Низький

Для класифікації ризиків для кожного ризику визначимо:

P – імовірність виникнення ($0 \leq P \leq 1$)

I – сила впливу (по шкалі від 1 до 5)

$R = P \times I$ – рівень ризику (risk score)

Найвищий ризиковий бал отримав ризик "недостатнє фінансування", що свідчить про необхідність пошуку зовнішніх джерел підтримки (грантів, програм DOBRE, GIZ, партнерства з бізнесом).

Матриця ризиків — це ефективний інструмент попереднього аналізу, який дозволяє пріоритизувати заходи реагування та визначити напрямки пом'якшення ризиків (комунікація, навчання, бюджетування).

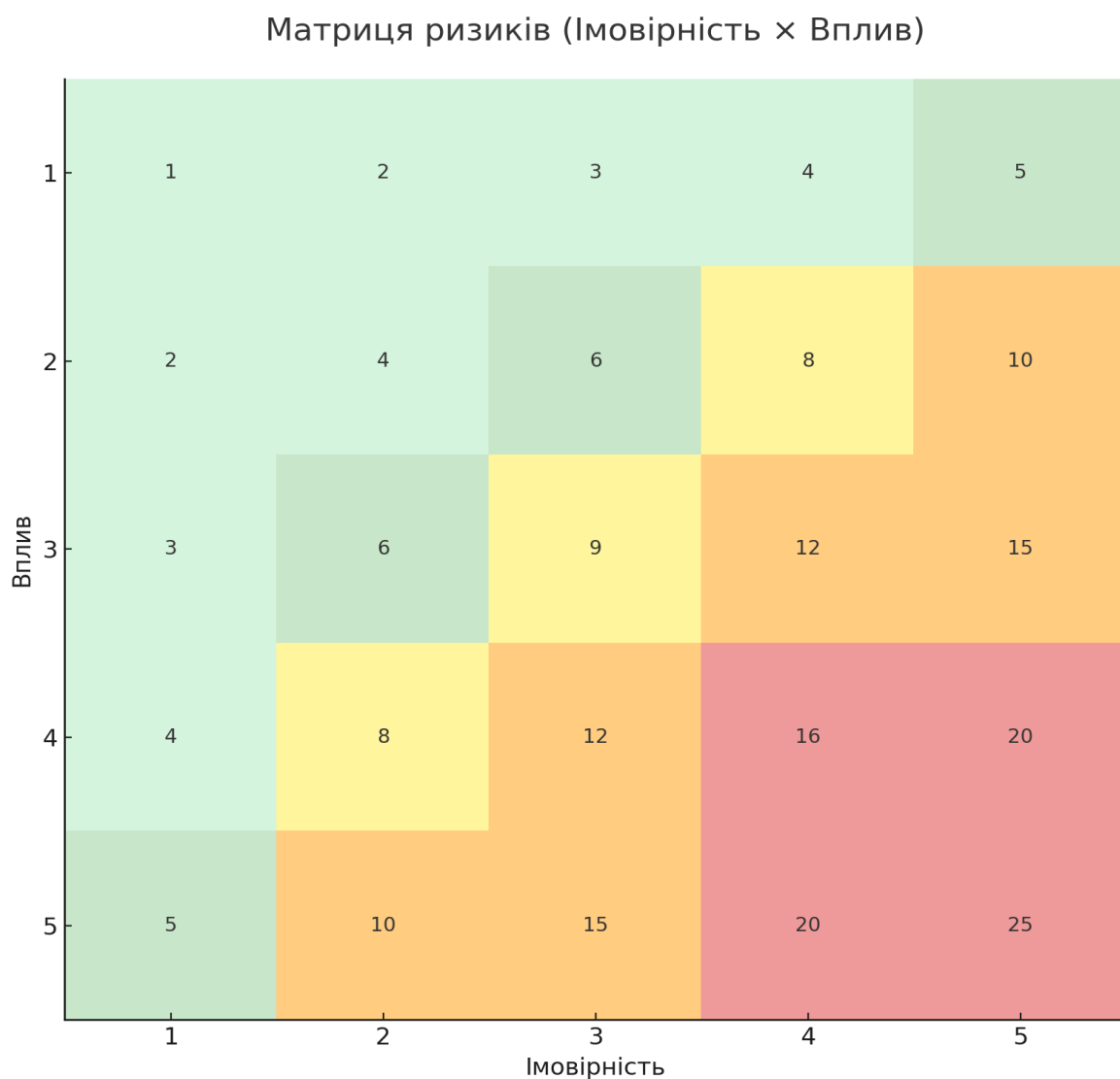


Рисунок 2.3. Матриця ризиків «Імовірність-Вплив» для цифрової трансформації пасажирських перевезень Тербовлянщини.

Для аналітичного представлення з вразуванням рівня ризику: $R = P \times I$

Середній ризиковий бал:

$$R_{avg} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i \times I_i) = \frac{(4.0 + 2.4 + 2.1 + 1.5 + 1.2 + 1.2 + 1.2 + 1.5 + 0.6)}{9} = \frac{15.7}{9} \approx 1.7$$

Якщо $R > 3$ — критичний, 2–3 — високий, 1–2 — середній, <1 — низький.

Критичний ризик — брак фінансування: потребує пріоритетної уваги.

Високі ризики (опір, цифрова неграмотність) — потребують м'яких компенсаторів (комунікація, навчання).

Середні та низькі ризики — контрольні, з можливістю реагування у разі виникнення.

2.4. Стратегії пом'якшення ризиків та заходи безпеки проектів цифровізації пасажирських перевезень

Наведемо стратегії пом'якшення ризиків для впровадження цифрових рішень у сфері пасажирських перевезень на Тербовлянщині.

До заходів безпеки в межах проєкту цифровізації пасажирських перевезень входять наступні напрямки:

1. Технічні заходи

- резервне копіювання даних і хмарна інфраструктура;
- надійні сервери й системи моніторингу;
- захист цифрових платформ (систем електронних квитків, трекінгу, ІТС) від збоїв;
- перевірка сумісності обладнання (GPS, валідатори, табло) ще на етапі впровадження.

2. Кібербезпека

- захист особистих і платіжних даних користувачів;
- аудит інформаційної безпеки;
- шифрування інформації під час передавання (SSL, VPN);
- навчання персоналу основам кібергігієни.

3. Організаційні заходи

- регламенти реагування на збої та кіберінциденти.
- наявність плану аварійного відновлення (disaster recovery).
- чіткий розподіл відповідальності між органами влади, перевізниками, ІТ-компаніями.

4. Навчання та підвищення обізнаності

- тренінги для водіїв і диспетчерів щодо нових систем.
- інформаційні кампанії для населення (як користуватись, куди звертатись у разі збою).
- інструкції на зупинках, у застосунках і транспорті.

5. Фінансові компенсатори

- резервний бюджет на непередбачувані витрати;
- пілотні проєкти перед масштабуванням — знижують ризик провалу;
- пошук донорів/грантів (наприклад, через програми ЄС).

Управління ризиками — це системний процес виявлення, оцінки, аналізу та реагування на потенційні загрози, що можуть негативно вплинути на реалізацію проєкту. В основі підходу лежать положення міжнародних стандартів ISO 31000:2018 та PMBOK Guide (Project Management Institute).

У контексті цифровізації пасажирських перевезень ризики пов'язані з фінансуванням, організацією, технічною реалізацією та соціальним середовищем.

Управління ризиками включає вибір однієї або кількох стратегій реагування:

1. Уникнення – зміна плану для уникнення ризику
2. Зменшення (пом'якшення) – зменшення ймовірності або впливу ризику
3. Прийняття – визнання ризику без активних дій, але з моніторингом
4. Передача – делегування ризику (наприклад, через аутсорсинг або страхування).

У проєктах цифровізації пасажирських перевезень найчастіше застосовуються стратегії зменшення та прийняття ризику. Останні включають:

- Інформаційні кампанії для зниження соціального опору
- Навчання персоналу та громадян цифровій грамотності
- Пошук додаткових джерел фінансування (грантів, державно-приватного партнерства)
- Забезпечення технічної підтримки через партнерство з ІТ-компаніями
- Резервування коштів на обслуговування систем

У рамках управління ризиками формується операційний план заходів — таблиця, яка містить: опис ідентифікованого ризику; конкретні заходи для його мінімізації; призначених відповідальних осіб (виконавців); часові межі реалізації заходів.

Цей підхід дозволяє не лише структурувати відповідальність, а й контролювати ефективність управління ризиками протягом усього життєвого циклу проєкту.

Однією з ключових складових ефективного впровадження цифрових рішень у сфері пасажирських перевезень є своєчасне виявлення, оцінка та управління ризиками. Для цього застосовується структурований підхід, заснований на міжнародних стандартах управління проєктами, зокрема ISO 31000 та PMBOK, який передбачає створення операційного плану реагування на ризики. Відповідний план деталізує як технічні, так і організаційні заходи щодо запобігання або пом'якшення впливу потенційних загроз.

У таблиці нижче представлено основні ідентифіковані ризики реалізації цифрових рішень у сфері пасажирських перевезень на території Тереховлянської громади, а також запропоновані заходи щодо їхньої мінімізації. Опираючись на таблицю 2.8. можна проаналізувати основні групи ризиків.

Технічні ризики охоплюють потенційні загрози з боку інформаційної інфраструктури, обладнання та безпеки даних. Основними засобами пом'якшення є регулярна профілактика, бекапування, технічна підтримка,

дотримання норм кібербезпеки та відповідність стандартам захисту персональних даних (наприклад, GDPR).

Таблиця 2.8. - Управління ризиками впровадження ІТС
у громадському транспорті

№	Опис ризику	Запропонований захід безпеки	Відповідальний	Орієнтовний строк
1	Втрата даних через технічний збій або кібератаку	Щоденне резервне копіювання, шифрування даних, аудит кібербезпеки	ІТ-відділ, хостинг-провайдер	Постійно
2	Непрацездатність обладнання в автобусах	Попереднє тестування, регламент техобслуговування	Комунальне АТП	Щоквартально
3	Недостатня підготовка водіїв до роботи з ІТС	Проведення тренінгів та інструктажів	Відділ кадрів, адміністратор проекту	Перед запуском системи
4	Супротив населення до змін (наприклад, е-квиток)	Інформаційна кампанія, підтримка на лінії, розміщення інструкцій	Відділ комунікацій	Упродовж 2 міс. до запуску
5	Перевищення бюджету або недофінансування	Пошук додаткових грантів, етапне впровадження	Міська рада, фінансовий відділ	На етапі планування
6	Збої в програмному забезпеченні	Наявність технічної підтримки, регулярні оновлення	Постачальник ІТС	Постійно
7	Низька якість мобільного інтернету в селах	Резервні канали зв'язку, співпраця з операторами	ІТ-відділ, мобільні оператори	До старту сервісу
8	Витік персональних даних пасажирів	Дотримання GDPR, двофакторна автентифікація, обмеження доступів	Адміністратор системи	Постійно

Організаційні ризики стосуються людського фактора та бюджетних обмежень. Вони знижуються шляхом навчання персоналу, чіткого бюджетування, а також пошуку додаткового фінансування через гранти або партнерства.

Соціальні ризики пов'язані з адаптацією населення до цифрових сервісів. Для їх пом'якшення доцільно впроваджувати комунікаційні стратегії, що передбачають доступне пояснення нових технологій, підтримку користувачів та поступове впровадження змін.

Таблиця 2.9. - Ризики при впровадженні ІТС у сфері пасажирських перевезень

№	Категорія ризику	Опис ризику	Потенційні наслідки	Заходи зниження ризику
1	Технічний	Збій у програмному забезпеченні або алгоритмах ІТС	Неправильна маршрутизація, збої в диспетчеризації	Тестування, моніторинг, техпідтримка
2		Вихід з ладу технічних компонентів (датчики, GPS, камери)	Втрата інформаційного контролю, збої в координації руху	Регламентне обслуговування, діагностика, заміна компонентів
3		Залежність від цифрової інфраструктури (електро- та інтернет-зв'язок)	Зупинка системи при відключеннях, хаос у русі транспорту	Резервне живлення, офлайн-сценарії, дублюючі канали
4	Професійний	Переформатування посадових обов'язків персоналу	Непорозуміння, зниження продуктивності, ризик помилок	Тренінги, адаптаційні програми, супровід фахівців
5		Низький рівень цифрової грамотності працівників	Некоректне використання систем, відмова від їх застосування	Цільове навчання, інструктажі, наставництво
6		Зростання психоемоційного навантаження через цифровий контроль	Вигорання, стрес, зниження якості обслуговування	Психологічна підтримка, нормування навантаження
7	Організаційний	Бюджетні обмеження та непередбачені витрати	Незавершені проєкти, низька якість впровадження	Чітке бюджетування, поетапне фінансування, гранти, партнерства
8		Відсутність чіткої відповідальності серед учасників	Відкладання рішень, зниження ефективності впровадження	Визначення зон відповідальності, контроль, регламенти
9	Соціальний	Низька адаптивність населення до цифрових сервісів	Відмова користуватись транспортом, скарги	Інформаційна кампанія, супровід користувачів, поступовість
10		Скорочення робочих місць через автоматизацію	Соціальна напруга, протестні настрої	Перенавчання, нові ролі в системі, соціальний діалог
11	Етичний/правовий	Порушення конфіденційності персональних даних	Санкції, втрата довіри пасажирів, судові позови	Дотримання стандартів захисту даних (GDPR тощо), політика безпеки
12	Соціальний/етичний	Недовіра суспільства до технологій	Опір нововведенням, зниження ефективності систем	Комунікаційні стратегії, залучення громадськості

Професійні ризики пов'язані із зміною функціональних обов'язків персоналу, недостатнім рівнем цифрової грамотності (працівники транспортної сфери не завжди володіють необхідними навичками для роботи з цифровими системами, що створює ризики неправильного використання ІТС або повного ігнорування їх функцій) та зростання психоемоційного навантаження (постійний контроль з боку систем моніторингу, робота з цифровими інтерфейсами в реальному часі, потреба в швидкому прийнятті рішень впливає на психологічний стан працівників).

Етичні ризики – питання конфіденційності персональних даних пасажирів, що обробляються системами відеоспостереження та аналітики.

Розподіл відповідальності чітко визначений і закріплений за відповідними структурами: ІТ-відділ, постачальники, міська влада, комунальні підприємства. Це сприяє зниженню імовірності ігнорування або відкладання критично важливих заходів.

Впровадження системи управління ризиками у вигляді узгодженого плану дозволяє забезпечити сталість та ефективність реалізації проєкту цифровізації пасажирських перевезень. Застосування подібних інструментів є доцільним на кожному етапі життєвого циклу проєкту — від планування до підтримки після запуску.

Таким чином, інтеграція інтелектуальних транспортних систем (ІТС) у сферу пасажирських перевезень супроводжується не лише зростанням ефективності, а й появою нових ризиків — як професійного, так і технічного характеру. Ризики виникають на всіх етапах: від проєктування та монтажу ІТС до їхнього щоденного функціонування та обслуговування.

РОЗДІЛ 3. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ПРИ ЦИФРОВІЙ ТРАНСФОРМАЦІЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ

3.1. Заходи зменшення впливу людського чинника в системі пасажирських перевезень

Одним із ключових факторів ризику в системі пасажирських перевезень залишається людський чинник, який обумовлює значну частину аварійних та нештатних ситуацій. У процесі цифрової трансформації транспортної галузі важливим завданням є зменшення впливу помилок, викликаних суб'єктивними рішеннями, втому, недотриманням регламентів, недостатньою кваліфікацією або психологічним навантаженням персоналу.

З метою зниження впливу людського чинника доцільно впроваджувати системний підхід, що включає технічні, організаційні, освітні та психологічні заходи:

1. Автоматизація критично важливих процесів
2. Стандартизація процедур і алгоритмів дій
3. Систематичне навчання та підвищення кваліфікації
4. Використання технологій підтримки прийняття рішень (Decision Support Systems, DSS)
5. Моніторинг психофізіологічного стану персоналу
6. Організація гнучких режимів праці та відпочинку.

Розглянемо зазначені заходи детальніше.

Запровадження автоматизованих систем контролю та управління (АСУТП) дозволяє мінімізувати ймовірність помилок, що виникають внаслідок неточностей у прийнятті рішень або затримок у реакції оператора. Використання GPS-навігації, автоматичного диспетчерського управління, цифрових розкладів та відеоаналітики підвищує об'єктивність та оперативність реагування на зміну ситуації.

Розробка та впровадження чітких протоколів роботи з цифровими платформами, програмним забезпеченням та засобами комунікації знижує

суб'єктивізм у прийнятті рішень. Стандартизовані сценарії реагування на типові ситуації підвищують надійність дій персоналу.

Стандартизація процедур і алгоритмів дій — це процес розробки, впровадження та дотримання уніфікованих правил, інструкцій, сценаріїв поведінки або послідовностей дій, які працівники транспортної галузі (диспетчери, водії, оператори ІТС тощо) зобов'язані виконувати в типових та аварійних ситуаціях.

У сфері пасажирських перевезень, особливо в умовах впровадження інтелектуальних транспортних систем (ІТС), людський чинник може призводити до непослідовних або неефективних рішень. Щоб мінімізувати вплив таких рішень, всі дії персоналу мають бути чітко регламентовані.

Елементи стандартизації:

*Розробка інструкцій:

- дії диспетчера у разі порушення графіка руху;
- алгоритм обробки скарги пасажирів через мобільний додаток;
- сценарій реагування водія на аварійну ситуацію на маршруті.

*Єдині протоколи обміну інформацією. Усі учасники транспортного процесу використовують однакові команди, формати та сигнали. Це особливо важливо для роботи в централізованих диспетчерських системах.

*Опис стандартних процедур (SOP – Standard Operating Procedures) для:

- запуску обладнання ІТС;
- внесення змін до маршрутної інформації;
- оновлення програмного забезпечення систем моніторингу.

*Регламенти безпеки та дій у надзвичайних ситуаціях:

протокол дій у разі кіберінциденту, збою в роботі GPS, відключення електронного квитка або зв'язку з сервером.

Перевагами стандартизації є уніфікація дій, що зменшує ризик помилок; швидкість реагування, адже працівник не витрачає час на прийняття рішення, а діє за алгоритмом; навчання нових працівників значно спрощується;

покращення керованості та моніторингу дій персоналу; сумісність з міжнародними стандартами, зокрема, ISO, EN, ITS-настанови.

У разі збою в електронному табло водій автобуса діє на власний розсуд — хтось ігнорує, інший телефонує керівнику, третій вимикає живлення, що може призвести до зупинки всієї системи. Із стандартизованим алгоритмом в даній ситуації водій:

1. Перевіряє індикатори живлення (до 1 хв);
2. Повідомляє диспетчеру через планшет/радіозв'язок (до 3 хв);
3. Встановлює паперову табличку з маршрутом згідно з процедурою;
4. Реєструє інцидент в електронному журналі.

Стандартизація — це основа безпечного, ефективного й прогнозованого функціонування транспортної системи в умовах впровадження інтелектуальних технологій. Дозволяє перевести людські дії з «імпровізації» в чітко регламентоване середовище.

Проведення регулярного інструктажу, тренінгів з використання нових технологій, оновлення знань щодо вимог безпеки праці в умовах цифрового середовища сприяє формуванню професійної компетентності та адаптації до інновацій. Особливої уваги потребує підготовка диспетчерів, водіїв та технічного персоналу.

Інтелектуальні системи аналізу даних та попередження про потенційні відхилення забезпечують інформаційну підтримку оператора, дозволяючи йому зосередитись на контрольних функціях і стратегічних рішеннях, а не на рутинних завданнях.

Використання технологій підтримки прийняття рішень (Decision Support Systems, DSS) — це впровадження спеціалізованих інформаційних систем, які допомагають операторам, диспетчерам, керівникам транспортних підприємств та іншим учасникам процесу швидко і обґрунтовано ухвалювати рішення, особливо в складних або нестандартних ситуаціях.

DSS (система підтримки прийняття рішень) — це програмно-апаратний комплекс, який:

- збирає та аналізує дані (наприклад, GPS, обсяг пасажиропотоку, метеоумови);
- надає прогнози, попередження, альтернативи рішень;
- формує рекомендації або автоматично пропонує оптимальні дії на основі заданих критеріїв.

У контексті пасажирських перевезень DSS може:

1. Оптимізувати маршрути та графіки руху в режимі реального часу – перенаправляти транспорт у разі затору чи аварії;
– адаптувати графік за фактичним пасажиропотоком.
2. Прогнозувати затримки та навантаження – на основі історичних і поточних даних (погодні умови, ремонти доріг, події в місті).
3. Допомогати диспетчеру при реагуванні на інциденти – підказати, які ресурси (резервні автобуси, зміни в розкладі) доступні, і які сценарії краще реалізувати.
4. Оцінювати ефективність прийнятих рішень постфактум – аналіз виконання рейсів, витрат палива, часу в дорозі, задоволеності пасажирів.

Структура DSS зазвичай включає:

- Базу даних (інформація про транспорт, водіїв, пасажиропотоки тощо);
- Аналітичний модуль (математичні моделі, алгоритми, штучний інтелект);
- Інтерфейс користувача (панель для диспетчера або керівника);
- Сценарні модулі (моделювання альтернатив поведінки системи).

Таблиця 3.1. - Приклади застосування DSS в ІТС

Ситуація	Як допомагає DSS
Аварія на маршруті	Система пропонує альтернативний шлях і попереджає водіїв
Перевантаження зупинки	DSS рекомендує змінити інтервал між рейсами
Погіршення погодних умов	Генерує сценарій зміни швидкості та інформує пасажирів
Недостатньо автобусів у годину пік	Підказує додати резервний рейс з найближчого депо

Переваги DSS у транспорті:

- Зменшення впливу людського чинника;
- Прискорення ухвалення об'єктивних рішень;
- Можливість планування на основі даних, а не лише досвіду;
- Підвищення ефективності роботи системи загалом;
- Поліпшення якості обслуговування пасажирів.

В умовах цифровізації та розвитку інтелектуальних транспортних систем DSS виступає ключовим інструментом у прийнятті оперативних, стратегічних та кризових рішень. Вона дозволяє створити інформаційне середовище, де персонал не діє інтуїтивно, а працює на основі аналізу, моделювання та прогнозування — що критично важливо для підвищення безпеки, ефективності та стабільності пасажирських перевезень.

Упровадження систем біометричного контролю (наприклад, моніторингу втоми, пульсу, рівня стресу) дозволяє вчасно ідентифікувати стан перевантаження або втому водія чи диспетчера та вжити необхідних заходів для запобігання аварійним ситуаціям.

Модернізація графіків роботи відповідно до біоритмів людини, а також впровадження змінного режиму чергувань сприяє покращенню загального психоемоційного стану працівників та зменшенню ймовірності помилок внаслідок перевтоми.

Таким чином, впровадження цифрових технологій у сферу пасажирських перевезень повинно супроводжуватися не лише технічними оновленнями, але й глибокими змінами у системі організації праці, навчання та контролю персоналу. Комплексне поєднання автоматизованих систем з належною підготовкою кадрів дозволяє істотно підвищити загальний рівень безпеки транспортної системи та мінімізувати вплив людського чинника на її функціонування.

3.2. Вплив цифрових технологій на підвищення рівня безпеки пасажирських перевезень

Сучасні цифрові технології відіграють ключову роль у забезпеченні безпеки пасажирських перевезень. Їхнє використання дає змогу не лише попереджати та зменшувати ризики, але й швидко реагувати на надзвичайні ситуації. Розглянемо основні напрями впливу цифрових технологій на безпеку транспортного процесу:

1. Виявлення небезпечних ситуацій за допомогою відеоаналітики, IoT, GPS

Цифрові технології моніторингу та аналітики дають змогу у режимі реального часу фіксувати ситуації, які можуть становити загрозу безпеці пасажирів:

- Відеоаналітика дозволяє автоматично виявляти потенційно небезпечну поведінку пасажирів (наприклад, конфлікти, падіння, відсутність пасажирів у салоні при відкритих дверях тощо), порушення правил руху з боку водія, а також наявність перешкод на маршруті.
- Інтернет речей (IoT) використовується для збору інформації з численних сенсорів (датчики температури, диму, відкриття дверей, перевантаження транспортного засобу тощо), що дозволяє оперативно виявляти технічні несправності або небезпечні відхилення в роботі обладнання.
- GPS-системи забезпечують точне позиціонування транспортного засобу та дозволяють виявляти відхилення від маршруту, незаплановані зупинки, перевищення швидкості чи тривалі затримки, що можуть сигналізувати про позаштатну ситуацію.

Відеоаналітика з функціями штучного інтелекту (AI) може розпізнавати аномалії у поведінці пасажирів, виявляти залишені речі, несанкціонований доступ до кабіни водія, задимлення або конфліктні ситуації. Наприклад, система Hikvision чи Dahua із вбудованим аналізом поведінки пасажирів дозволяє автоматично подати сигнал диспетчеру при виявленні критичної події. IoT-пристрої (інтернет речей) включають датчики перевантаження,

прискорення, температури, задимлення, вібрації, нахилу кузова та інші. У разі виходу показників за межі допустимих норм інформація передається до централізованої системи моніторингу, що дозволяє своєчасно попередити аварійні ситуації.

GPS/GLONASS-моніторинг забезпечує контроль швидкості, координат та траєкторії руху транспортного засобу. На основі зібраних даних можна виявити:

- відхилення від маршруту (наприклад, викликане блокуванням дороги);
- незаплановані зупинки (можливий технічний збій або ДТП);
- перевищення швидкості в небезпечних зонах.

Дані технології інтегруються у багаторівневу систему безпеки, що дозволяє не лише реагувати, але й передбачати потенційно небезпечні ситуації.

Загалом, інтеграція цих технологій забезпечує безперервний контроль за технічним станом транспорту та поведінкою усіх учасників перевезення.

2. Інформаційне інформування пасажирів про аварійні ситуації

Оперативне інформування пасажирів у разі надзвичайних ситуацій є критичним фактором для забезпечення їхньої безпеки:

- За допомогою інтегрованих інформаційних систем (електронних табло, мобільних додатків, смс-оповіщення, push-повідомлень) пасажирів можуть миттєво отримати інформацію про аварії, зміни в маршрутах, затори, зміну пересадок або зупинок.

- В салоні транспорту мультимедійні екрани та гучномовний зв'язок можуть повідомляти про поточну ситуацію, алгоритм евакуації, інструкції поведінки у разі аварії або пожежі.

- Також сучасні цифрові системи дозволяють передавати повідомлення кількома мовами, що особливо важливо в умовах туризму або міжнародних перевезень.

Останнє сприяє зниженню паніки, підвищує контрольованість ситуації та забезпечує швидке ухвалення правильних рішень пасажиром у разі загрози.

Своєчасне й точне інформування пасажирів під час інцидентів є критично важливим для забезпечення контролю над поведінкою людей, уникнення паніки та мінімізації шкоди.

- Динамічні табло на зупинках та в салоні транспорту (на основі технологій LED/LCD) показують повідомлення про зміну маршруту, аварійну ситуацію чи очікувану затримку. У транспортних системах Польщі, Естонії та Литви вже реалізовано трансляцію оперативних повідомлень на табло на основі централізованої хмарної платформи.

- Мобільні додатки пасажира (наприклад, TransportHub, EasyWay або індивідуальні додатки перевізників) надсилають push-сповіщення про затримки, обхідні шляхи, зміну номеру маршруту або евакуаційні вказівки.

- Автоматизовані голосові повідомлення в салоні або через систему звукового оповіщення (Public Address System) у випадку надзвичайної ситуації дають змогу негайно повідомити інструкції: про необхідність покинути транспортний засіб, триматися за поручні, не відкривати вікна тощо.

- Мультиканальні канали сповіщення (SMS, Viber-боти, Telegram-канали, email) розширюють охоплення аудиторії та дають можливість масштабувати інформування навіть за умов обмеженої доступності до інтернету.

Такі інформаційні канали підвищують рівень довіри до перевізника, забезпечують проактивну комунікацію з пасажиром та дають змогу ефективно координувати дії у критичних обставинах.

3. Реакція ІТС у надзвичайних ситуаціях (аварії, порушення маршруту тощо)

Інтелектуальні транспортні системи забезпечують автоматизоване реагування на надзвичайні події з метою мінімізації наслідків:

- У випадку ДТП або небезпечного інциденту ІТС автоматично надсилає сигнал до диспетчерського центру з точними координатами, статусом транспортного засобу, швидкістю на момент інциденту, станом пасажирів (якщо є датчики сидінь тощо).

- Система може активувати аварійне гальмування або блокування руху у випадку виявлення загрози (наприклад, виявлення пішохода перед автобусом, відмова гальмівної системи).
- ІТС забезпечує моделювання альтернативного маршруту, якщо основний шлях недоступний (ремонт, затори, техногенна катастрофа).
- Також можливе автоматичне увімкнення систем освітлення, вентиляції або аварійного живлення, що створює безпечні умови до прибуття рятувальних служб.

Таким чином, ІТС функціонують як активна система безпеки, яка не лише реагує на інциденти, а й передбачає їх на основі аналітики даних, знижуючи ризики та пришвидшуючи евакуацію або відновлення роботи транспорту.

Використання цифрових технологій — відеоаналітики, IoT, GPS, систем інформаційного інформування та автоматизованого реагування — забезпечує багаторівневу модель безпеки пасажирських перевезень. Такий підхід дозволяє не лише реагувати на події, а й превентивно їх попереджувати, що істотно підвищує загальний рівень надійності та безпеки функціонування транспортної системи в умовах цифрової трансформації.

Інтелектуальні транспортні системи забезпечують механізми активного втручання в управління транспортним процесом при виникненні надзвичайних ситуацій. Це дозволяє мінімізувати наслідки аварій, знизити час реагування служб і покращити евакуацію.

- Автоматизовані алгоритми сценарного реагування (наприклад, у системах транспортної безпеки AVL або TransitMaster) дозволяють миттєво запустити заздалегідь налаштовані дії: зупинку транспорту, перехід у аварійний режим освітлення, активацію вентиляції, блокування дверей.
- Інтеграція з екстреними службами (ДСНС, поліція, швидка): при надзвичайній ситуації ІТС автоматично передає координати транспортного засобу, маршрут, кількість пасажирів і тип загрози до відповідних служб. Це реалізовано в системах екстреного реагування у країнах ЄС (eCall, ERA-GLONASS).

- Управління маршрутами в реальному часі: диспетчерська система може перенаправити транспортні засоби іншим шляхом, відмінити окремі зупинки або перерозподілити транспорт у разі великої події (наприклад, аварії або евакуації району).

- Моделювання рішень у надзвичайних ситуаціях: в окремих ІТС передбачено вбудовані симуляційні модулі, які допомагають диспетчеру оцінити наслідки кожного з можливих варіантів реагування та обрати найефективніший.

- Зворотний зв'язок із пасажирями та водієм: системи дозволяють миттєво встановлювати двосторонній канал зв'язку для надання інструкцій водієві або отримання підтвердження про виконання дій.

ІТС фактично функціонують як цифровий координатор кризової ситуації — обробляючи інформацію швидше за людину, виключаючи емоційність і помилки, забезпечуючи алгоритмічну точність та ефективну взаємодію між усіма учасниками перевізного процесу.

Використання цифрових технологій у сфері пасажирських перевезень — це не лише тренд, а необхідність для досягнення нових рівнів безпеки, керованості та довіри з боку користувачів. Відеоаналітика, IoT, GPS, системи інформування та автоматизованого реагування формують інтегровану систему безпеки, що працює превентивно, реактивно й аналітично, сприяючи розвитку розумної мобільності.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи на тему «Інтелектуальні транспортні системи як фактор підвищення ефективності пасажирських перевезень» було здійснено комплексне дослідження сучасного стану, потенціалу та практичних механізмів впровадження інтелектуальних транспортних систем (ІТС) у сферу пасажирських перевезень на прикладі Тереховлянської громади. Було встановлено, що інтелектуальні транспортні системи не лише забезпечують ефективну взаємодію між елементами транспортної інфраструктури, пасажирами та перевізниками, а й формують цифрову екосистему сучасного мобільного середовища.

У першому розділі роботи розглянуто основні тренди розвитку пасажирського транспорту в Україні, включаючи цифровізацію обліку пасажиропотоків, електронний квиток, онлайн-моніторинг руху та автоматизацію управління маршрутами. Проведено аналіз транспортної мережі м. Тереховля з виявленням слабких місць у сфері організації перевезень та обґрунтовано доцільність запровадження ІТС як засобу підвищення ефективності та зручності для користувачів.

У другому розділі сформовано низку інтелектуальних рішень для оптимізації маршрутної мережі й покращення пасажирського обслуговування. Зокрема, розроблено пропозиції щодо оптимізації графіків руху з урахуванням даних GPS-трекінгу, автоматизованих систем обліку пасажирів та сезонних коливань попиту. Значну увагу приділено впровадженню цифрових інструментів, таких як мобільні додатки, електронний квиток, динамічні інформаційні табло на зупинках, що підвищують інформованість та задоволеність пасажирів.

Окремо досліджено питання ризиків цифрової трансформації транспортної системи. Складено матрицю ризиків із зазначенням ймовірності, рівня впливу та запропоновано стратегії пом'якшення — резервні канали зв'язку, шифрування даних, підготовка персоналу та адаптація нормативної

бази. Ураховано також кібербезпекові виклики в умовах зростання цифрової залежності транспортної галузі.

У третьому розділі акцентовано увагу на безпеці життєдіяльності та охороні праці при впровадженні ІТС.

Узагальнюючи результати дослідження, можна стверджувати, що впровадження інтелектуальних транспортних систем є дієвим і перспективним напрямом модернізації сфери пасажирських перевезень. Їх застосування дозволяє підвищити рівень обслуговування, оптимізувати витрати перевізника, скоротити час у дорозі для пасажирів і сформуванню цифрову модель керування транспортними потоками.

Практичні рекомендації, розроблені у кваліфікаційній роботі, можуть бути впроваджені як у межах Теребовлянської громади, так і адаптовані для інших територіальних громад України, які прагнуть підвищити ефективність транспортного обслуговування з використанням цифрових технологій.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Вовк Ю.Я. та ін. Безпека транспорту в контексті глобальних цілей сталого розвитку 2030: Україна. Транспортна безпека: правові та організаційні аспекти: матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції (в авторській редакції), (м. Кривий Ріг, 12 листопада 2019 року). Кривий Ріг, 2019. С. 68-71.
2. Войналович О., Марчишина Е., Кофто Д. Охорона праці в галузі. Автомобільний транспорт. Підручник. Центр навчальної літератури, 2018. 695 с.
3. Гребенников П.В. "Транспортна система та її розвиток". – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2022.
4. Дзюра В.О., Вовк Ю.Я., Бабій М.В., Матвіїшин А.Й., Плекан У.М. Особливості регулювання руху транспортних засобів на специфічних ділянках вулично-дорожньої мережі міст з інтенсивним транспортним потоком. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч. I. С. 300-305.
5. Дикань В.Л., Єлагін Ю.В. Інформаційні технології підвищення ефективності пасажирських перевезень. Вісник економіки транспорту і промисловості: збірник наукових праць. Харків: УкрДУЗТ, 2015. Вип. 52. С. 107-110.
6. Жидецький В.Ц. та ін. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник / За ред.. В.Ц.Жидецького. Львів: Афіша, 2000. 352 с.
7. Іванов Ю.Б. "Логістика: теорія і практика". – Київ: Либідь, 2022.
8. Калініченко М.Л. "Планування та управління в транспортних системах". – Дніпро: Дніпропетровськ. нац. ун-т залізн. трансп., 2023.
9. Ковальов В.Д. "Економіка транспорту". – Київ: МАУП, 2022.
10. Константінов Д. В., Бутько Т.В. Моделювання оперативного регулювання маршрутами приміського руху на основі нечіткої логіки та нейронних мереж. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, 2010. №1(80). С. 13-19.

11. Крейсман Е. А. Удосконалення методики організації автобусних перевезень в транспортній системі міст : автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.01. Нац. транспортний ун-т. К., 2005. 22 с.
12. Кристопчук М. Є., Лобашов О. О. Приміські пасажирські перевезення: навчальний посібник. Х.: НТМТ, 2012. 224 с.
13. Лукіяненко Д.І. "Розвиток транспортної інфраструктури України". – Київ: КНЕУ, 2021.
14. Ляшук О. Л., Плекан У. М., Рожко Н.Я., Цьонь О.П. Удосконалення соціальної функції транспортної галузі України. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки, 2022. Вип. 6(37), ч.І. С. 157-166.
15. Ляшук О. Л., Плекан У. М., Цьонь О. П., Пиндус Т. Б. Планування діяльності автотранспортного підприємства. Методичні аспекти. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки, 2022. Вип. 5(36), ч.І. С. 256-262.
16. Мельник Л.Г., Гуцаленко Л.А. "Транспортна економіка України". – Київ: КНЕУ, 2021.
17. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» дипломної роботи (для студентів спеціальності 275 «Транспортні технології») / Укл.: Вовк Ю.Я., Цьонь О.П., Вовк І.П. Тернопіль: ТНТУ, 2018. 28 с.
18. НПАОП 0.00-1.62-12. Правил охорони праці на автомобільному транспорті (32443) Міністерство надзвичайних ситуацій України НАКАЗ 09.07.2012 м. Київ № 964
19. Петровський Б.А. "Управління пасажирськими перевезеннями". – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2020.
20. Плекан У.М. Економічний потенціал підприємств автомобільного транспорту. Матеріали IV Міжнародної студентської науково - технічної конференції / Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 28-29 квітня 2021 р.), 2021.- с. 223
21. Про затвердження Порядку організації перевезень пасажирів та багажу автомобільним транспортом [Електронний ресурс]: (наказ № 480 від

15.07.2013p). Міністерство інфраструктури України, 2013. Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z1282-13>

22. Робочий час та його тривалість [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://minjust.gov.ua/m/str_8396

23. Рудзінський В. В., Шумляківський В. П., Рудзинська О. В., Савченко Г. В. Особливості експлуатації транспорту загального призначення в технологіях інтелектуальних транспортних систем // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – 2016. – № 2(77). – С. 238–246.

24. Рудзінський В. В., Шумляківський В. П., Кухарчук О. П. Підвищення ефективності та безпеки пасажироперевезень колісними транспортними засобами категорії М2 в ІТС міста // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. – 2015. – № 2. – С. 93–98.

25. Савчук В.К. "Моделювання транспортних процесів". – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2023.

26. Федоренко В.Г. "Управління транспортними потоками". – Київ: НТУ, 2022.

27. Blainey, S. P., Mulley, C., & Nelson, J. D. (eds.). (2016). "Transport and Urban Development."

28. Comfort, P. (2020). "The Future of Public Transportation."

29. European Conference of Ministers of Transport. (2014). "Efficient Transport for Europe: Policies for Internalisation of External Costs." OECD Publishing.

30. Iles R. Public Transport in Developing Countries. Elsevier, 2005. 478 p.

31. Rodrigue, J-P., Comtois, C., & Slack, B. (2016). "The Geography of Transport Systems." Routledge.

32. Uliana Plekan, Viktor Aulin, Oleg Tson, Volodymyr Dzyura, Anatolii Matviishyn. Logistics Costs of a Transport Enterprise: Organizational Aspects. Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences. 2024. Col.10(41), Part I, p. 286-293.

33. Vuchic, V. R. (2017). "Urban Transit: Operations, Planning, and Economics." Wiley.
34. White, P. R. (2017). "Public Transport: Its Planning, Management and Operation - 6th Edition." Routledge. Ця книга охоплює всі аспекти планування та управління громадським транспортом, включаючи автобусні системи.
35. White, P. R. (2017). Public Transport: Its Planning, Management and Operation - 6th Edition. Routledge.