

О. В. ТАРАСЕНКО

старший викладач кафедри транспортних технологій
Національний університет «Запорізька політехніка»
ORCID: 0000-0001-7882-5481

Т. В. ХАРЧЕНКО

старший викладач кафедри транспортних технологій
Національний університет «Запорізька політехніка»
ORCID: 0000-0003-4587-4652

Г. О. ЛЕБІДЬ

старший викладач кафедри транспортних технологій
Національний університет «Запорізька політехніка»
ORCID: 0000-0002-8629-8623

РОЗВИТОК ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ: ЕКОНОМІЧНІ ТА ІНФРАСТРУКТУРНІ АСПЕКТИ

Сучасні процеси цифровізації суттєво впливають на розвиток пасажирського транспорту, сприяючи підвищенню його ефективності, зниженню експлуатаційних витрат і покращенню якості послуг. Інтелектуальні транспортні системи, штучний інтелект, Big Data та IoT дозволяють оптимізувати транспортні потоки, зменшити затори та покращити екологічну ситуацію. Водночас існують значні виклики, пов'язані з адаптацією інфраструктури, необхідністю внесення регуляторних змін і високими фінансовими витратами на впровадження цифрових рішень. Дослідження цих аспектів є особливо важливим у контексті сталого розвитку транспортної системи та підвищення якості пасажирських перевезень.

Метою статті є аналіз впливу цифровізації на розвиток пасажирського транспорту, оцінка економічних та інфраструктурних аспектів впровадження цифрових технологій, а також визначення ключових викликів і перспектив їх подальшого використання.

В дослідженні використано комплексний підхід, що включає методи системного та порівняльного аналізу, а також статистико-економічні методи для оцінки ефективності цифрових інструментів у сфері пасажирського транспорту.

У статті проаналізовано вплив цифровізації на розвиток пасажирського транспорту, оцінено економічні й інфраструктурні аспекти впровадження цифрових технологій, а також виокремлено основні виклики та перспективи їх подальшого використання. Результати дослідження свідчать, що цифровізація сприяє оптимізації транспортних потоків, підвищенню доступності та безпеки перевезень, а також зниженню витрат на експлуатацію транспорту. Запровадження інтелектуальних транспортних систем сприяє зменшенню часу очікування транспорту, підвищенню точності дотримання розкладу та покращенню якості обслуговування пасажирів. Автоматизація процесів управління рухом дозволяє оптимізувати маршрути громадського транспорту, враховуючи реальний пасажиропотік, погодні умови та дорожню ситуацію, що сприяє зниженню рівня заторів. Основними бар'єрами цифровізації транспорту є висока вартість модернізації інфраструктури, відсутність єдиної цифрової платформи для управління пасажирськими перевезеннями, а також потреба у вдосконаленні законодавчої бази для інтеграції цифрових рішень у транспортну систему.

Ключові слова: автоматизоване управління рухом, безконтактна оплата, економічний розвиток міст, мобільні застосунки, транспортна галузь.

O. V. TARASENKO

Senior Lecturer at the Department of Transport Technologies
National University "Zaporizhzhia Polytechnic"
ORCID: 0000-0001-7882-5481

T. V. KHARCHENKO

Senior Lecturer at the Department of Transport Technologies
National University "Zaporizhzhia Polytechnic"
ORCID: 0000-0003-4587-4652

H. O. LEBID

Senior Lecturer at the Department of Transport Technologies
National University "Zaporizhzhia Polytechnic"
ORCID: 0000-0002-8629-8623

DEVELOPMENT OF PASSENGER TRANSPORT IN THE CONDITIONS OF DIGITALIZATION: ECONOMIC AND INFRASTRUCTURE ASPECTS

The ongoing digitalization processes are profoundly impacting the evolution of passenger transportation, resulting in heightened efficiency, diminished operational expenditures, and enhanced quality of service. Intelligent transportation systems, artificial intelligence, Big Data, and the Internet of Things (IoT) are pivotal in optimizing transport flows, alleviating congestion, and improving environmental outcomes. Nevertheless, notable challenges remain, such as adapting existing infrastructure, regulatory reforms, and the substantial financial investments required to adopt digital solutions. Research in these domains is essential for advancing sustainable transportation systems and enhancing passenger transport quality.

This study endeavors to analyze the effects of digitalization on the development of passenger transportation, evaluate the economic and infrastructural dimensions of digital technology implementation, and identify key challenges and future opportunities for further application.

Employing a multifaceted approach that incorporates systems analysis, comparative methodologies, and statistical and economic techniques, this research assesses the efficacy of digital instruments within the passenger transportation sector. The findings elucidate how digitalization promotes the optimization of transport flows, boosts accessibility and safety, and lowers operational costs. Implementing intelligent transportation systems reduces waiting times, improves schedule adherence, and increases passenger service quality. Furthermore, the automation of traffic management processes allows for optimizing public transport routes by incorporating real-time data regarding passenger flows, weather conditions, and road situations, thereby mitigating congestion.

The principal barriers to the digitalization of transportation include the substantial costs associated with infrastructure modernization, the absence of a cohesive digital platform for passenger transport management, and the imperative to enhance the legislative framework governing the integration of digital technologies into the transportation system.

Key words: transport industry, economic development of cities, automated traffic management, contactless payment, mobile applications.

Постановка проблеми

Сучасний світ стрімко змінюється під впливом цифрових технологій, які розповсюджуються у всі сфери життя, зокрема й у транспортну галузь. Пасажирський транспорт відіграє ключову роль у забезпеченні мобільності населення, впливаючи як на якість життя, так і на економічний розвиток міст та регіонів. Однак традиційні моделі управління транспортом часто не відповідають сучасним викликам: перевантаженість міських доріг, низька ефективність маршрутної мережі, екологічні проблеми та застаріла інфраструктура. Цифровізація відкриває нові можливості для вдосконалення пасажирських перевезень, дозволяючи підвищити їхню ефективність, знизити витрати та зробити користування громадським транспортом зручнішим для пасажирів. Інтелектуальні транспортні системи, аналіз великих даних (Big Data), автоматизоване управління рухом, безконтактна оплата, цифрові платформи моніторингу транспорту та мобільні застосунки для користувачів – це лише частина інновацій, що формують сучасну транспортну систему.

В Україні цифрова трансформація громадського транспорту стає дедалі актуальнішою, особливо в контексті реалізації Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року. Однак її впровадження потребує комплексного підходу, узгоджених рішень між державою, перевізниками та громадськістю. Дане дослідження аналізує основні економічні й інфраструктурні аспекти цифровізації пасажирського транспорту, виявляє ключові виклики та пропонує можливі шляхи їх подолання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Сучасні дослідження в галузі розвитку пасажирського транспорту в умовах цифровізації здебільшого зосереджуються на впливі інноваційних технологій на ефективність транспортних систем, економічну доцільність цифрових рішень, а також вивчають їхній вплив на інфраструктуру.

Наукові розвідки К. Мустафаїв [1], М. Крамарж та Е. Пржибильської [2] були присвячені аналізу економічної ефективності впровадження цифрових технологій у транспортній сфері. Основні висновки демонструють, що цифровізація сприяє оптимізації витрат на експлуатацію транспорту, підвищенню його завантаженості та зменшенню негативного впливу на довкілля. Однак науковці також звертають увагу на високі початкові витрати на модернізацію інфраструктури та необхідність формування відповідної нормативно-правової бази.

Дослідження В. Даніліяна та ін. [3], Н. Каличева та В. Масан [4], М. Руденко [5] розглядали вплив цифрових платформ та інтелектуальних транспортних систем (ІТС) на інфраструктуру міст. Виявлено, що запровадження систем Big Data, IoT та штучного інтелекту (далі ШІ) в управлінні транспортними потоками підвищує

ефективність міської мобільності, сприяє зменшенню заторів і покращенню безпеки пасажирів. Водночас дослідники зазначили проблему недостатньої адаптації традиційних транспортних систем до цифрових змін, що уповільнює процес їхньої інтеграції.

Попри значну кількість досліджень, залишаються певні наукові прогалини у знаннях. Зокрема, недостатньо розглянуто питання адаптації цифрових рішень у регіональному пасажирському транспорті, економічних ризиків цифровізації, а також потреби в комплексному реформуванні транспортної політики. У зв'язку з цим, дане дослідження спрямоване на аналіз цифрових інструментів у сфері пасажирських перевезень та оцінку їхнього впливу на економічну ефективність і розвиток транспортної інфраструктури.

Формулювання мети дослідження

Метою статті є аналіз впливу цифровізації на розвиток пасажирського транспорту, оцінка економічних та інфраструктурних аспектів упровадження цифрових технологій, а також визначення ключових викликів і перспектив їх подальшого використання.

Для досягнення поставленої мети було поставлено такі завдання:

- проаналізувати сучасні наукові підходи та дослідження щодо цифровізації пасажирського транспорту;
- виявити основні перешкоди та ризики цифровізації транспортної галузі;
- запропонувати рекомендації щодо оптимізації процесу цифрової трансформації пасажирського транспорту.

Викладення основного матеріалу дослідження

Сучасний міський пасажирський транспорт стрімко трансформується під впливом цифрових технологій, які не тільки покращують його економічні показники, але і суттєво змінюють саму транспортну інфраструктуру. Завдяки цифровізації громадський транспорт стає зручнішим, доступнішим і більш ефективним як для пасажирів, так і для операторів перевезень. Автоматизовані системи управління рухом дозволяють зменшити затримки, оптимізувати маршрути та підлаштовувати їх у режимі реального часу відповідно до актуального трафіку. Розумні платформи моніторингу транспорту забезпечують контроль за станом рухомого складу, дозволяють прогнозувати поломки та скорочувати витрати на обслуговування. Завдяки сучасним безконтактним системам оплати пасажирів можуть швидко та безпечно оплачувати проїзд, що значно скорочує час зупинок і підвищує пропускну здатність транспорту. Інтелектуальні транспортні системи (ITS) інтегрують дані з різних джерел, аналізують їх і допомагають створювати комфортні умови для пересування мешканців міста. Цифрова трансформація відкриває нові можливості для розвитку громадського транспорту, роблячи його більш екологічним, зручним та ефективним. Це не просто технологічний прогрес, а покращення якості життя мільйонів людей, які щодня користуються громадським транспортом.

Для забезпечення сталого розвитку й ефективного функціонування транспортної системи українських міст необхідно чітко визначити принципи державної транспортної політики. Саме цьому присвячена «Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року», яка була ухвалена ще в 2018 році. Однак у сучасних умовах її реалізація значно уповільнилася, зокрема через пріоритетність воєнних потреб [6]. Документ, затверджений Кабінетом Міністрів, визначає транспортну галузь як ключову складову економіки, яка, хоча і задовольняє основні потреби населення у перевезеннях, проте не зовсім відповідає сучасним вимогам щодо якості. Для виходу з кризи необхідно підвищити ефективність і конкурентоспроможність галузі, використовуючи науково обґрунтовані підходи. Один із ключових аспектів розвитку громадського транспорту – цифрова трансформація, основні особливості якої систематизовано у Таблиці 1. Слід підкреслити, що цифровізація транспорту має як технологічний, так і економічний вимір. Автоматизація та аналітика допомагають оптимізувати витрати перевізників, підвищити ефективність рухомого складу та скоротити експлуатаційні витрати. Водночас, цифрові сервіси дозволяють підвищити якість послуг, адаптувати маршрути під реальні потреби населення та зробити транспорт більш доступним.

Одна з ключових проблем сучасного міста – це баланс між індивідуальним і громадським транспортом. Власний автомобіль дає водіям свободу пересування, комфорт, можливість подорожувати за зручним маршрутом та уникати пересадок. Однак велика кількість приватних автомобілів зменшує простір на дорогах, що призводить до заторів, зростання екологічного навантаження та зменшення ефективності транспортної системи загалом. Щоб зрозуміти масштаб проблеми, варто поглянути на порівняння: для перевезення 50 тисяч осіб на годину в одному напрямку потрібно 175 метрів дорожнього простору, якщо всі користуються власними авто. Якщо ці ж пасажирів подорожуватимуть автобусами, вистачить 35 метрів, а якщо на потягах або в метро – усього 9 метрів. Це підкреслює, наскільки громадський транспорт ефективніший з погляду використання міського простору [7, с. 494]. Щоб змінити ситуацію, громадський транспорт має стати більш привабливим, швидшим і комфортнішим. Цифровізація у транспортній галузі здатна забезпечити високу якість обслуговування, зручний розклад, безперерйну роботу маршрутів, а екологічні та сучасні види транспорту допоможуть змінити стереотипи сприйняття громадського транспорту та зробити його першочерговим вибором для мешканців міста.

Цифровізація транспорту також сприятиме розвитку мультимодальних перевезень, де різні види транспорту взаємодіють в єдиній логістичній системі. Це дозволить створити ефективну транспортну інфраструктуру, яка відповідатиме сучасним потребам населення та сприятиме економічному розвитку регіонів. Наприкінці 2021 року в Україні було ухвалено Закон «Про мультимодальні перевезення», який заклав правові та організаційні основи

Таблиця 1

Виклики та рішення у міському транспорті в умовах цифровізації

Виклик	Рішення	Опис
Відсутність збору й аналізу даних	Запровадження інтелектуальних транспортних систем (ITS)	ITS дозволяє аналізувати пасажиропотоки та оптимізувати маршрути в реальному часі
Недостатнє довгострокове планування	Використання цифрових платформ для прогнозування потреб	AI та Big Data допомагають прогнозувати потреби та коригувати графіки руху
Відсутність контролю за ефективністю управління	Цифрові панелі моніторингу управлінських рішень	Цифрові платформи відстежують ефективність перевізників та менеджерів
Низький рівень комунікації між владою, перевізниками та пасажиром	Мобільні додатки та чат-боти для комунікації	Чат-боти та мобільні додатки спрощують зворотний зв'язок між користувачами і владою
Недосконала тарифна політика	Єдиний тарифний простір та електронний квиток	Безконтактні платежі, QR-коди та мобільні додатки для спрощення оплати
Слабкий розвиток мультимодальних перевезень	Інтеграція всіх видів транспорту в єдину систему	Цифрові мультимодальні платформи для зручного поєднання різних видів транспорту
Зношена транспортна інфраструктура	Розумні зупинки та модернізація інфраструктури	Розумні зупинки з датчиками, що інформують про час прибуття та завантаженість транспорту
Фінансові труднощі через пільгові перевезення	Автоматизація компенсацій за пільгові перевезення	Блокчейн для прозорого контролю й автоматизації компенсацій перевізникам
Високий рівень викидів транспорту	Розвиток електробусів, тролейбусів, водневого транспорту	Перехід на екологічний транспорт із використанням сучасних цифрових рішень
Перевантаженість маршрутів і низька ефективність	Оптимізація маршрутів за допомогою Big Data	Big Data та AI аналізують пасажиропотоки для оптимізації маршрутної мережі

Джерело: вдосконалено авторами на основі [6].

для розвитку цього виду транспорту. Документ спрямований на створення сприятливих умов для поєднання різних видів перевезень, стимулювання використання екологічно чистого транспорту та зменшення негативного впливу на довкілля [8, с. 63]. Впроваджуючи дану стратегію транспортна галузь України отримає сучасний напрям розвитку, однак його реалізація потребує значного доопрацювання з урахуванням сучасних викликів, технологічного прогресу й економічної ситуації. Приклади впровадження мультимодальних транспортних стратегій у різних країнах світу наведені у Таблиці 2.

Таблиця 2

Приклади впровадження мультимодальних транспортних систем у світі

Країна	Основні види транспорту	Домінуючий транспорт	Система оплати	Особливості мультимодальності	Додаткові сервіси
Канада	Автобуси, метро, трамваї, легкі залізниці	Автобуси (більшість електричні)	Єдиний квиток на всі види транспорту, діє протягом певного періоду	Легкий перехід між видами транспорту без додаткової оплати	Екологічний транспорт, зручні розклади
США (Нью-Йорк)	Метро, автобуси, електрички, пором, канатна дорога	Метро (основна частина системи МТА)	MetroCard, OMNY (безконтактні картки, електронні гаманці, мобільні додатки)	Взаємопов'язані розклади руху, безперешкодна пересадка за єдиним квитком	MTA Trip Planner для планування маршрутів
Німеччина (Гамбург)	Метро, автобуси, пором, залізниця	Метро й автобуси	Єдині квитки на різні види транспорту, інтеграція з квитками на потяги й інші сервіси	Відсутність турнікетів, довіра до пасажирів, інтеграція з квитками на культурні заходи	Гнучкі квиткові системи (групові квитки, квитки, що включають інші сервіси)

Джерело: узагальнено авторами на основі [8, с. 63].

Дослідження якості міських пасажирських перевезень довело, що чинні нормативні вимоги не відповідають очікуванням пасажирів. Опитування в Києві виявило, що ключовими критеріями для пасажирів є доступність транспорту, швидкість руху та загальні витрати часу, тоді як комфортність та поведінка водіїв мають менший вплив [9, с. 225]. В умовах цифровізації необхідно створити гнучку систему оцінки якості транспорту, що дозволить оперативно реагувати на зміни попиту та підвищити конкурентоспроможність перевізників. Використання цифрових технологій для моніторингу та регулювання стандартів якості сприятиме ефективнішій організації транспортної інфраструктури та покращенню рівня обслуговування.

В умовах розвитку міського пасажирського транспорту вибір оптимальної маршрутної мережі стає стратегічно важливим завданням. Оскільки існуючі маршрути здебільшого не повністю відповідають потребам населення, необхідно моделювати й аналізувати штучно згенеровані альтернативи, які можуть забезпечити ефективніший розподіл ресурсів і покращення транспортного сполучення [10, с. 21]. Для ухвалення обґрунтованих рішень щодо розвитку маршрутної мережі доцільно використовувати цифрові системи підтримки прийняття рішень. Така система включає аналіз поточної мережі маршрутів, вивчення реального попиту на перевезення, виявлення

дублювання маршрутів, оптимізацію пасажиропотоків і визначення необхідної місткості транспортних засобів. Запровадження цифрових рішень у плануванні міських перевезень дозволить підвищити ефективність використання інфраструктури, зменшити витрати та адаптувати транспортну систему до реальних потреб мешканців.

Розвиток «розумних» міст є ключовим мегатрендом, що відкриває нові можливості для управління урбаністичним простором. Центральною ідеєю smart-міста є збір і аналіз великих масивів даних для покращення якості життя мешканців та ефективного управління міською інфраструктурою, зокрема громадським транспортом. Smart-інфраструктура громадського транспорту має стати невід'ємною частиною цифрової трансформації міст. Її основою є запровадження єдиного електронного квитка, що дозволить пасажиром комбінувати різні види транспорту без дублювання оплати. Важливим компонентом також є інтелектуальна диспетчеризація, яка динамічно адаптуватиме маршрути та кількість транспорту залежно від часу доби, сезону і пасажиропотоку. Єдина диспетчерська служба, яка об'єднає всі види транспорту (автобус, метро, залізницю, таксі, аеропорти тощо), дозволить ефективніше керувати транспортними потоками та створити Є-транспорт – єдину інтегровану систему перевезень. Використання хмарних технологій сприятиме безперебійному доступу до даних для всіх учасників транспортного процесу, а також забезпечить кібербезпеку. Українські міста вже активно впроваджують smart-рішення. Київ, Харків, Львів, Дніпро та інші населені пункти, включно з меншими містами, розвивають цифрові транспортні проекти, зосереджуючи увагу на міській мобільності й електротранспорті [11, с. 87]. Ці ініціативи є важливими кроками до створення сучасної, екологічної і зручної транспортної системи.

Управління перевезеннями пасажирів вимагає глибших технологічних знань і спеціалізованих рішень. Використання систем смарт-обліку – цифрової системи управління й аналізу даних у реальному часі, яка автоматизує облік, моніторинг та оптимізацію ресурсів у транспортній сфері, дозволяє оптимізувати логістичні процеси, покращити контроль за перевезеннями і підвищити ефективність транспортної компанії [12, с. 443]. Дана система використовує сучасні технології, такі як IoT, ШІ та великі дані, для підвищення ефективності перевезень, зниження витрат і покращення якості транспортного обслуговування. В поєднанні з цифровими технологіями це сприяє прозорості, економії ресурсів і кращій організації транспортних потоків.

Успішними прикладами систем смарт-обліку є Ocorpus у Гонконзі та Oyster у Лондоні. Ocorpus дозволяє не лише оплачувати проїзд у громадському транспорті, але і здійснювати покупки в магазинах, ресторанах та торгових автоматах. Oyster забезпечує зручний доступ до всіх видів громадського транспорту Лондона, включаючи метро, автобуси, трамваї і міські потяги [12, с. 444]. Досвід світових мегаполісів доводить, що ефективне управління оплатою проїзду потребує інноваційних рішень на основі цифрових технологій, які спрощують ці процеси для пасажирів і підвищують прозорість фінансових потоків у транспортній сфері.

З розвитком концепції «розумних» міст частка інтелектуальних перевезень у транспортній сфері невинно зростає. За існуючими прогнозами ринок інтелектуальних транспортних систем (ITS) подвоїться до 2030 року та досягне 52,24 млрд доларів США. Однак у 2023 році через глобальну нестабільність темпи інвестування в цю сферу сповільнилися до 6 % на рік порівняно з 21 % у 2022 році. Попри це, фінансування систем управління дорожнім рухом і пасажиропотоками залишається стабільно високим. У 2022 році 30 % ринку ITS припадало на управління трафіком, а 24 % – на організацію пасажирських перевезень [13, с. 70]. Пріоритетність саме пасажирського транспорту пояснюється його соціальною значущістю для міських територій.

Щоб підвищити ефективність перевезень у smart-містах, транспортні компанії активно впроваджують цифрові технології (Рис. 1), які забезпечують зручність, безпеку й оптимізацію міської мобільності. GPS забезпечує

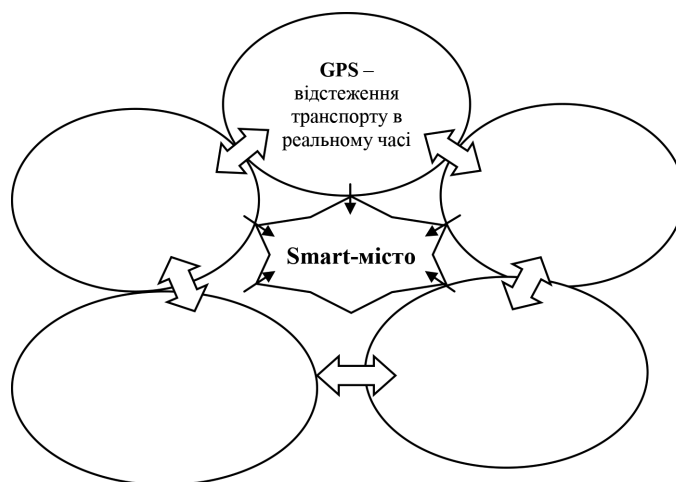


Рис. 1. Цифрові технології у Smart-місті

Джерело: узагальнено авторами на основі [13, с. 72].

моніторинг транспорту в реальному часі, дозволяючи пасажирів відстежувати прибуття, а операторам – оптимізувати маршрути. NFC спрощує оплату проїзду, скорочуючи час зупинок і витрати на друк квитків. Використання IoT допомагає автоматично підраховувати пасажирів і керувати заповненістю транспорту, що дає змогу динамічно коригувати частоту рейсів. GeoIS аналізують дорожню ситуацію й адаптують маршрути до змін трафіку, мінімізуючи затримки [13, с. 71].

Упровадження цих технологій дозволяє створити більш динамічну й адаптивну транспортну систему, яка відповідає сучасним вимогам міської мобільності, сприяє скороченню заторів, покращує екологічну ситуацію та підвищує якість життя мешканців.

Аналіз досвіду інтелектуалізації транспортної інфраструктури в Україні та світі дозволяє визначити сім ключових тенденцій розвитку пасажирського транспорту в умовах smart-міста. Серед них – інтеграція різних видів транспорту в єдину систему, екологічна модернізація, цифровізація оплати, персоналізація послуг, автономні технології для підвищення безпеки, електрифікація транспорту й оптимізація міського простору для ефективного руху автотранспорту. Більш детальніше дані вектори цифрового розвитку smart-міста описані в Таблиці 3. Кожен із цих напрямів змінює підхід до організації перевезень та безпосередньо впливає на фінансову стабільність перевізників. Використання цифрових та екологічних рішень допомагає знижувати витрати, оптимізувати маршрути і покращувати якість обслуговування пасажирів, що робить громадський транспорт більш ефективним і привабливим для користувачів.

Таблиця 3

Тренди розвитку пасажирського транспорту

Тренд	Опис	Економічний вплив	Інфраструктурний вплив
Інтеграція	Єдина цифрова платформа для управління транспортом	Зниження витрат на адміністрування та контроль	Спрощене управління міським транспортом
Екологізація	Зменшення використання приватного транспорту	Оптимізація витрат на екологічні заходи	Менше викидів і навантаження на дороги
Діджиталізація оплати	Автоматизація оплати, мінімізація витрат на персонал	Скорочення витрат на персонал та інфраструктуру	Швидка оплата та мінімізація черг
Комодифікація	Оптимізація маршрутів і тарифів за попитом пасажирів	Зменшення витрат на аналіз маршрутної мережі	Гнучке планування маршрутів за реальним попитом
Автономність і безпека	Автономне керування та зниження аварійності	Зниження витрат на страхування та ремонт	Безпека пасажирів і зниження аварій на дорогах
Електрифікація	Перехід на електротранспорт, економія пального	Економія на пальному та технічному обслуговуванні	Розширення мережі зарядних станцій
Просторове переміщення	Розвиток підземного та повітряного транспорту	Зменшення простоїв транспорту, покращення мобільності	Менше заторів і покращена логістика транспорту

Джерело: узагальнено авторами на основі [13, с. 72].

Інформаційне середовище постає ключовим елементом функціонування smart-міста, забезпечуючи ефективну організацію пасажирських перевезень завдяки інноваційним цифровим технологіям. Синергія технологій дозволяє підвищити якість транспортних послуг, збільшити пасажиропотік і скоротити час пересування містом. Завдяки механізмам саморегуляції smart-місто створює комфортне, безпечне й економічно ефективне середовище для всіх учасників транспортної системи.

Цифрові технології докорінно змінили транспортні системи, відкривши нові можливості для їх модернізації, ефективності та сталого розвитку. Інновації, такі як III, автоматизація, блокчейн та кібербезпека, стали ключовими елементами сучасної транспортної інфраструктури. Їх вплив виходить далеко за межі звичайного підвищення продуктивності, оскільки вони забезпечують кращу прозорість операцій, економію ресурсів, оперативне ухвалення рішень та ефективне управління ланцюгами постачання [14]. Завдяки цифровим рішенням транспортні системи стають більш адаптивними, безпечними та здатними швидко реагувати на виклики сучасного міста.

Оптимізація громадського транспорту у великих містах також сприяє зменшенню викидів вуглецю та покращенню якості життя мешканців, що набуває надзвичайної важливості в контексті збереження екології. Наприклад, у Парижі міська влада впровадила нову транспортну політику, яка віддала пріоритет автобусам і велосипедним доріжкам. Це дозволило скоротити кількість приватних автомобілів на дорогах і зменшити викиди CO₂ на 14 %. Богота стала ще одним прикладом успішного реформування транспорту завдяки системі швидкого автобусного сполучення (BRT). Відома як TransMilenio, вона включає понад 112 км виділених автобусних смуг і щодня обслуговує понад 2,6 млн пасажирів. Використання зчленованих автобусів із високою місткістю дозволяє уникати заторів, а система безконтактної оплати пришвидшує посадку. Це сприяло зменшенню викидів CO₂ більш ніж на 300 тис. тонн щорічно, що еквівалентно виведенню з доріг 60 тис. автомобілів. Схожі ініціативи з електрифікації громадського транспорту активно розвиваються в Австралії та інших країнах. Досвід цих міст доводить, що розумне планування транспортної інфраструктури може суттєво зменшити викиди, зробити міста екологічнішими та підвищити рівень життя їх мешканців [15, с. 119]. Окрім екологічного ефекту, TransMilenio суттєво покращила

мобільність пасажирів, особливо в районах із низьким рівнем доходів, а також сприяла розвитку громадських просторів. Попри проблеми з переповненістю транспорту в години пік, міська влада продовжує модернізувати систему та впроваджувати нові технології.

Отже, цифрові технології сьогодні стали невід'ємною частиною як економічної, так і соціальної діяльності. В сучасних ринкових умовах жодна галузь не може ефективно розвиватися без упровадження цифрових рішень, і транспортна сфера не стала винятком. Використання цифрових інструментів у цій галузі допомагає впроваджувати перевірені рішення, які спрощують взаємодію між усіма учасниками процесу перевезень. Це, у свою чергу, дозволяє значно зменшити часові та фінансові витрати, роблячи транспортні послуги більш доступними й ефективними.

Висновки

Цифрова трансформація пасажирського транспорту – це не лише технологічний тренд, а необхідність для сталого розвитку міст. Упровадження інтелектуальних транспортних систем, автоматизація управління маршрутами, використання безконтактної оплати та мобільних сервісів сприятимуть підвищенню ефективності транспортних послуг, зниженню навантаження на дорожню інфраструктуру та покращенню комфорту для пасажирів.

Світовий досвід доводить, що інтеграція цифрових рішень у громадський транспорт дозволяє суттєво зменшити викиди CO₂, зробити перевезення більш гнучкими та підвищити їхню доступність. Українські міста вже розпочали процес впровадження smart-рішень у транспортну інфраструктуру, однак для повноцінної цифровізації необхідно прискорити реалізацію державної транспортної стратегії та забезпечити ефективну співпрацю між державним і приватним секторами.

В результаті цифрових змін громадський транспорт може стати не лише більш ефективним, але і пріоритетним вибором для мешканців міст, що сприятиме зменшенню заторів, покращенню екологічної ситуації і підвищенню якості життя громадян.

Список використаної літератури

1. Mustafayev K. Information technologies in transport: (Industry 4.0; digital transport corridors and platforms; modeling and simulation transport systems, etc.). *Measuring and Computing Devices in Technological Processes*. 2024. No. 3. P. 183–190. URL: <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-79-23> (дата звернення: 20.02.2025).
2. Kramarz M., Przybylska E. Multimodal transport in the context of sustainable development of a city. *Sustainability*. 2021. Vol. 13. No. 4. Article 2239. URL: <https://doi.org/10.3390/su13042239> (дата звернення: 20.02.2025).
3. Даніл'ян В. О., Масан В. В., Сидорець Д. П. Цифровий розвиток залізничного транспорту в умовах глобальних перспектив та викликів. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2023. № 83. С. 165–170. URL: <https://doi.org/10.18664/btie.83.300193> (дата звернення: 20.02.2025).
4. Каличева Н. С., Масан В. В. Теоретичні аспекти підвищення конкурентоспроможності підприємств залізничного транспорту в умовах цифровізації. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Міжнародні економічні відносини та світове господарство*. 2021. № 35. С. 38–41. URL: <https://doi.org/10.32782/2413-9971/2021-35-7> (дата звернення: 20.02.2025).
5. Руденко М. В. Цифрова трансформація пасажирського залізничного транспорту: оцінка ефективності встановлення цифрових екранів та впровадження інтерактивних інформаційних систем в поїздах. *Економічний вісник Дніпровського державного технічного університету*. 2024. № 1(8). С. 110–122. URL: [https://doi.org/10.31319/2709-2879.2024iss1\(8\).306486pp110-122](https://doi.org/10.31319/2709-2879.2024iss1(8).306486pp110-122) (дата звернення: 20.02.2025).
6. Приймак В. Розвиток громадського транспорту України в контексті національної транспортної стратегії. *Економіка та суспільство*. 2024. № 68. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-25> (дата звернення: 20.02.2025).
7. Ільчов А. І. Економіко-організаційні проблеми розвитку громадського транспорту в умовах воєнного стану. *Науково-виробничий журнал «Бізнес-навігатор»*. 2024. № 3 (76). С. 492–495. URL: <https://doi.org/10.32782/business-navigator.76-81> (дата звернення: 20.02.2025).
8. Палант О. Ю., Приймак В. О. Мультимодальний громадський транспорт України: перспективи розвитку. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління випуск*. 2023. № 3(40). С. 61–66. URL: <https://doi.org/10.32782/easterneurope.40-9> (дата звернення: 20.02.2025).
9. Ільченко В. Ю., Петровська С. І. Підходи до оцінювання якості міських пасажирських перевезень автомобільним транспортом. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*. 2019. № 3(20). С. 219–226. URL: https://www.easterneurope-ebm.in.ua/journal/20_2019/35.pdf (дата звернення: 20.02.2025).
10. Біліченко В. В., Цимбал С. В., Коробов С. С. Підвищення ефективності системи міських пасажирських перевезень. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2018. № 1(7). С. 18–25. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/25195/document%20%2841%29.pdf?sequence=1> (дата звернення: 20.02.2025).
11. Палант О. Ю., Захаров Д. С., Приймак В. О. Перспективи розвитку громадського транспорту в контексті створення smart-інфраструктури міст України. *Економіка та управління підприємствами*. 2023. № 84. С. 85–89. URL: <https://doi.org/10.32782/bses.84-14> (дата звернення: 20.02.2025).

12. Дискіна А. А. Пропозиції щодо впровадження системи смарт-обліку в міському пасажирському транспорті з використанням новітніх інформаційних технологій. *Економіка і суспільство*. 2017. № 13. С. 442–445. URL: https://economyandsociety.in.ua/journals/13_ukr/72.pdf (дата звернення: 20.02.2025).

13. Корнят І. Вплив інноваційних трендів розвитку пасажирських перевезень у смарт – місті на фінансові результати. *Світ фінансів*. 2023. № 2(75). С. 64–79. URL: <https://doi.org/10.35774/SF2023.02.064> (дата звернення: 20.02.2025).

14. Ложачевська О. М., Марціпака В. М. Інноваційний розвиток транспортного комплексу в умовах цифрової трансформації. *Проблеми сучасних трансформацій. Серія: економіка та управління*. 2023. № 10. URL: <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2023-10-04-10> (дата звернення: 20.02.2025).

15. Мацелюх Ю., Литвин В. Аналіз пасажирських перевезень та вплив громадського транспорту на скорочення викидів вуглецю в розумному місті. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2024. № 1(27). С. 109–127. URL: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2024.27.109> (дата звернення: 20.02.2025).

References

1. Mustafayev, K. (2024). Information technologies in transport: Industry 4.0, digital transport corridors and platforms, modeling and simulation of transport systems. *Measuring and Computing Devices in Technological Processes*, (3), 183–190. Retrieved from <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-79-23>

2. Kramarz, M., & Przybylska, E. (2021). Multimodal transport in the context of sustainable development of a city. *Sustainability*, 13(4), Article 2239. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/su13042239>

3. Danilian, V. O., Masan, V. V., & Sidorets, D. P. (2023). Tsyfrovyy rozvytok zaliznychnoho transportu v umovakh hlobalnykh perspektiv ta vyklykiv [Digital development of railway transport in the context of global prospects and challenges]. *Bulletin of Transport Economics and Industry*, (83), 165–170. Retrieved from <https://doi.org/10.18664/btie.83.300193> [in Ukrainian].

4. Kalycheva, N. Ye., & Masan, V. V. (2021). Teoretychni aspekty pidvyshchennia konkurentospromozhnosti pidpriemstv zaliznychnoho transportu v umovakh tsyfrovizatsii [Theoretical aspects of increasing the competitiveness of railway transport enterprises in the context of digitalization]. *Scientific Bulletin of Uzhhorod National University. Series: International Economic Relations and the World Economy*, (35), 38–41. Retrieved from <https://doi.org/10.32782/2413-9971/2021-35-7> [in Ukrainian].

5. Rudenko, M. V. (2024). Tsyfrova transformatsiia pasazhyrskoho zaliznychnoho transportu: otsinka efektyvnosti vstanovlennia tsyfrovnykh ekraniv ta vprovadzhennia interaktyvnykh informatsiynykh system v poizdakh [Digital transformation of passenger railway transport: Efficiency assessment of digital screens installation and implementation of interactive information systems in trains]. *Economic Bulletin of Dnipro State Technical University*, (1(8), 110–122. Retrieved from [https://doi.org/10.31319/2709-2879.2024iss1\(8\).306486pp110-122](https://doi.org/10.31319/2709-2879.2024iss1(8).306486pp110-122) [in Ukrainian].

6. Pryimak, V. (2024). Rozvytok hromadskoho transportu Ukrainy v konteksti natsionalnoi transportnoi stratehii [Development of public transport in Ukraine in the context of the national transport strategy]. *Economy and Society*, (68). Retrieved from <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-25> [in Ukrainian].

7. Ilyichov, A. I. (2024). Ekonomiko-orhanizatsiini problemy rozvytku hromadskoho transportu v umovakh voiennoho stanu [Economic and organizational problems of public transport development under martial law conditions]. *Scientific and Industrial Journal Business Navigator*, (3(76), 492–495. Retrieved from <https://doi.org/10.32782/business-navigator.76-81> [in Ukrainian].

8. Palant, O. Yu., & Pryimak, V. O. (2023). Multymodalnyi hromadskyy transport Ukrainy: perspektyvy rozvytku [Multimodal public transport in Ukraine: Development prospects]. *Eastern Europe: Economy, Business and Management*, (3(40), 61–66. Retrieved from <https://doi.org/10.32782/easterneurope.40-9> [in Ukrainian].

9. Ilchenko, V. Yu., & Petrovska, S. I. (2019). Pidkhody do otsiniuvannia yakosti miskykh pasazhyrskykh perevezen avtomobilnym transportom [Approaches to assessing the quality of urban passenger transportation by road transport]. *Eastern Europe: Economy, Business and Management*, (3(20), 219–226. Retrieved from https://www.easterneurope-ebm.in.ua/journal/20_2019/35.pdf [in Ukrainian].

10. Bilichenko, V. V., Tsymbal, S. V., & Korobov, S. S. (2018). Pidvyshchennia efektyvnosti systemy miskykh pasazhyrskykh perevezen [Increasing the efficiency of urban passenger transportation systems]. *Bulletin of Mechanical Engineering and Transport*, (1(7), 18–25. Retrieved from <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/25195/document%20%2841%29.pdf?sequence=1> [in Ukrainian].

11. Palant, O. Yu., Zakharov, D. S., & Pryimak, V. O. (2023). Perspektyvy rozvytku hromadskoho transportu v konteksti stvorennia smart-infrastruktury mist Ukrainy [Prospects for the development of public transport in the context of creating smart city infrastructure in Ukraine]. *Economics and Enterprise Management*, (84), 85–89. Retrieved from <https://doi.org/10.32782/bes.84-14> [in Ukrainian].

12. Diskina, A. A. (2017). Propozytsii shchodo vprovadzhennia systemy smart-obliku v miskomu pasazhyrskomu transporti z vykorystanniam novitnikh informatsiynykh tekhnolohii [Proposals for the implementation of a smart

accounting system in urban passenger transport using modern information technologies]. *Economy and Society*, (13), 442–445. Retrieved from https://economyandsociety.in.ua/journals/13_ukr/72.pdf [in Ukrainian].

13. Korniat, I. (2023). Vplyv innovatsiinykh trendiv rozvytku pasazhyrskykh perevezen u smart – misti na finansovi rezultaty [The impact of innovative trends in passenger transportation development in a smart city on financial results]. *World of Finance*, (2(75), 64–79. Retrieved from <https://doi.org/10.35774/SF2023.02.064> [in Ukrainian].

14. Lozhachevska, O.M., & Marcipaka, V.M. (2023). Innovatsiinyi rozvytok transportnoho kompleksu v umovakh tsyfrovoi transformatsii [Innovative development of the transport complex in the context of digital transformation]. *Problems of Modern Transformations. Series: Economics and Management*, (10). Retrieved from <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2023-10-04-10> [in Ukrainian].

15. Matselyukh, Yu., & Lytvyn, V. (2024). Analiz pasazhyrskykh perevezen ta vplyv hromadskoho transportu na skorochennia vykydiv vuhletsu v rozumnomu misti [Analysis of passenger transportation and the impact of public transport on carbon emission reduction in a smart city]. *Current State of Scientific Research and Technologies in Industry*, (1(27), 109–127. Retrieved from <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2024.27.109> [in Ukrainian].