DOI: 10.35774/SF2026.03.141
УДК 338.47:004.9:502.131.1:330.34

Андрій КОЗЛОВ
аспірант, Київський столичний університет імені Бориса Грінченка, Київ, Україна,
a.kozlov.asp@kubg.edu.ua
ORCID ID: 0009-0006-7284-3244

ЕКОНОМІЧНІ ДЕТЕРМІНАНТИ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ТА ЕКОЛОГІЗАЦІЇ МІСЬКОЇ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Вступ. *У статті досліджено економічні детермінанти цифровізації та екологізації міської транспортної інфраструктури як взаємопов'язаних напрямів трансформації міського господарства в умовах переходу до зеленої та цифрової економіки. Обґрунтовано, що сучасна транспортна інфраструктура великих міст виконує не лише функцію забезпечення мобільності населення, а й формує значну частину економічних, соціальних та екологічних ефектів міського розвитку. Відповідно, її модернізація потребує узгодженого врахування технологічних, фінансових, інституційних та екологічних чинників.*

Мета *– визначити та систематизувати економічні детермінанти цифровізації й екологізації міської транспортної інфраструктури, обґрунтувати напрями її сталої трансформації.*

Результати*. Уточнено зміст цифровізації міської транспортної інфраструктури як процесу впровадження цифрових технологій у планування, управління, експлуатацію та моніторинг транспортних систем. Екологізацію розглянуто як комплекс структурних і технологічних змін, спрямованих на зниження ресурсоємності транспорту, скорочення викидів парникових газів і забруднювальних речовин, розвиток електромобільності, громадського транспорту та низьковуглецевих моделей міської мобільності. Систематизовано ключові економічні детермінанти зазначених трансформацій, серед яких визначено рівень інвестиційного забезпечення, фінансову спроможність органів місцевого самоврядування, доступність інноваційних технологій, вартість цифрової модернізації, структуру транспортного попиту, рівень доходів населення, інституційну якість управління та доступність механізмів державно-приватного партнерства.*

Висновки*. Обґрунтовано доцільність інтегрованого підходу до управління міською транспортною інфраструктурою, за якого цифрові рішення використовують як інструмент досягнення екологічних та економічних цілей, а екологічні вимоги враховують під час визначення напрямів технологічної модернізації. Запропонований підхід створює основу для підвищення економічної ефективності транспортних систем, зменшення негативного впливу транспорту на довкілля, підвищення доступності міської мобільності та формування стійкої інфраструктури великих міст України.*

© Андрій Сергійович Козлов, 2026

Ключові слова: *міська транспортна інфраструктура, цифровізація, екологізація, зелена економіка, цифрова трансформація, міська мобільність, економічні детермінанти, транспортна інфраструктура, декарбонізація, інтелектуальні транспортні системи, сталий розвиток.*

Табл.: 4, бібл.: 14.

Andrii KOZLOV
Postgraduate student, Borys Grinchenko Kyiv Metropolitan University, Kyiv, Ukraine,
a.kozlov.asp@kubg.edu.ua
ORCID ID: 0009-0006-7284-3244

ECONOMIC DETERMINANTS OF DIGITALIZATION AND GREENING OF URBAN TRANSPORT INFRASTRUCTURE

Introduction. *The article examines the economic determinants of the digitalization and greening of urban transport infrastructure as interconnected directions of urban economy transformation amidst the transition to a green and digital economy. It is argued that the modern transport infrastructure of large cities not only ensures population mobility but also generates significant economic, social, and environmental impacts on urban development. Consequently, its modernization requires a coordinated approach that takes into account technological, financial, institutional, and environmental factors.*

The purpose *of the article is to identify and systematize the economic determinants of the digitalization and greening of urban transport infrastructure and to substantiate directions for its sustainable transformation.*

Results*. The concept of urban transport infrastructure digitalization is clarified as the process of integrating digital technologies into the planning, management, operation, and monitoring of transport systems. Greening is viewed as a set of structural and technological changes aimed at reducing the resource intensity of transport, cutting greenhouse gas and pollutant emissions, and fostering the development of electromobility, public transport, and low-carbon urban mobility models. Key economic determinants of these transformations are systematized, including the level of investment support, the financial capacity of local self-government bodies, the availability of innovative technologies, the cost of digital modernization, the structure of transport demand, population income levels, the institutional quality of governance, and the availability of public-private partnership mechanisms.*

Conclusions*. The study substantiates the rationale for an integrated approach to managing urban transport infrastructure, wherein digital solutions serve as tools to achieve environmental and economic goals, and environmental requirements are taken into account when determining the direction of technological modernization. The proposed approach lays the foundation for enhancing the economic efficiency of transport systems, reducing the negative environmental impact of transport, improving the accessibility of urban mobility, and developing sustainable infrastructure for Ukraine's major cities.*

Keywords: *urban transport infrastructure, digitalization, greening, green economy, digital transformation, urban mobility, economic determinants, transport infrastructure, decarbonization, intelligent transport systems, sustainable development.*

JEL Classification: R41, R42, O33, Q01, Q56, L91.

Постановка проблеми. Трансформація міської транспортної інфраструктури сьогодні відбувається під впливом змін, які одночасно охоплюють економічну, технологічну й екологічну площини. Великі міста концентрують значну частину населення, виробництва, зайнятості та споживчого попиту, що зумовлює постійне зростання потреби у переміщенні людей і товарів. Водночас розширення транспортної пропозиції традиційними способами супроводжується значними капітальними й експлуатаційними витратами, поглибленням перевантаження дорожньої мережі, зростанням енергоспоживання та негативним впливом транспорту на довкілля. За таких обставин питання розвитку транспортної інфраструктури переходить із площини забезпечення фізичної мобільності до проблеми пошуку економічно раціональної моделі міської мобільності.

Нові можливості для її формування створює поєднання цифрових технологій та екологічних принципів. Цифровізація змінює способи організації транспортних потоків, управління інфраструктурою та надання послуг мобільності, забезпечуючи оперативніше використання інформації та більш точне узгодження транспортної пропозиції з попитом. Інтелектуальні транспортні системи, цифровий моніторинг, автоматизоване регулювання руху, безготівкова оплата, мобільні платформи й інтегровані сервіси створюють передумови для ефективнішого використання вже сформованої інфраструктури. Екологізація, зі свого боку, змінює критерії оцінювання транспортних рішень, висуваючи вимоги до енергоефективності, скорочення викидів, розвитку громадського транспорту, електромобільності та інших форм низьковуглецевої мобільності.

Проте між технологічною можливістю трансформації та фактичною спроможністю міста її реалізувати існує суттєвий розрив. Впровадження цифрових та екологічних рішень потребує значних інвестицій, а економічний результат від них часто має відстрочений характер. Рішення, що забезпечують довгострокове скорочення витрат або екологічний ефект, можуть вимагати значних початкових видатків, створюючи додаткове навантаження на бюджети міст і транспортних підприємств. Тому цифрова та зелена модернізація транспортної інфраструктури не може розглядатися винятково як технологічне завдання. Її масштаби й результативність значною мірою визначаються економічними умовами, у яких функціонує конкретне місто.

Особливої уваги потребує встановлення ролі таких детермінант, як обсяг і структура інвестицій, фінансова спроможність місцевих бюджетів, вартість цифрових та енергоефективних технологій, доступність кредитних і грантових ресурсів, можливості державно-приватного партнерства, рівень інноваційної активності, структура транспортного попиту та якість інституційного управління. Важливим є також урахування взаємодії цих чинників, оскільки достатність фінансових ресурсів сама собою не гарантує результативності трансформації за відсутності відповідної управлінської спроможності, технологічної готовності або попиту на нові транспортні послуги.

Для України зазначена проблематика ускладнюється наслідками повномасштабної війни. Пошкодження транспортних об'єктів, зміна просторової структури міст, переміщення населення, порушення логістичних зв'язків та обмеженість бюджетних ресурсів суттєво змінили умови функціонування міського транспорту. Також майбутня відбудова створює можливість не просто відновити втрачені потужності, а змінити принципи формування транспортної інфраструктури. Відтак рішення щодо відновлення мають оцінюватися не лише за кри-

терієм вартості будівництва, а й за їхньою здатністю зменшувати майбутні експлуатаційні витрати, підвищувати стійкість транспортної системи, скорочувати екологічне навантаження та створювати умови для цифрового управління мобільністю.

Проблема полягає в тому, що традиційні підходи до розвитку транспортної інфраструктури переважно розглядають цифровізацію, інвестиційну діяльність, екологічну модернізацію та управління транспортом як відносно самостійні напрями. Така фрагментарність ускладнює оцінювання їхнього сукупного економічного ефекту та не дає змоги повною мірою визначити, які саме умови є критичними для успішної трансформації міської транспортної системи.

Саме тому виникає необхідність комплексного дослідження економічних детермінант цифровізації та екологізації міської транспортної інфраструктури, що передбачає встановлення їхнього змісту, взаємозв'язків і впливу на результати транспортної модернізації. Вирішення цієї проблеми має забезпечити наукове підґрунтя для переходу від фрагментарного впровадження окремих цифрових чи екологічних рішень до економічно обґрунтованої моделі трансформації міської транспортної інфраструктури, адаптованої до фінансових, просторових та інституційних умов великих міст України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні дослідження цифрової трансформації економіки характеризуються поступовим переходом від розгляду цифровізації як суто технологічного процесу до її трактування як системного чинника структурних економічних змін. О. Прокопенко, Я. Кічук, О. Птащенко, І. Юрко та М. Черкашина акцентують увагу на використанні сучасних логістичних концепцій для оптимізації бізнес-процесів, що створює методологічне підґрунтя для дослідження трансформації інфраструктурних систем під впливом цифрових технологій [1]. І. Шевченко, М. Гараєв, І. Крисоватий та О. Курцев розвивають цей напрям через дослідження цифрової інвестиційної платформи як інструменту формування та реалізації інвестиційних проєктів залізничних підприємств, демонструючи взаємозв'язок цифровізації, інвестиційної діяльності та розвитку транспортної інфраструктури [2].

Проблематику транспортної інфраструктури розглядають також у контексті державного регулювання. О. Дмитрієва визначає транспортну інфраструктуру як важливий об'єкт державного впливу та наголошує на необхідності формування відповідних механізмів її розвитку [3]. Г. Карчева, Д. Огородня та В. Опенька розкривають вплив цифровізації на розвиток національної та міжнародної економіки, акцентуючи увагу на зміні економічних процесів під впливом цифрових технологій [4]. С. Кириленко досліджує систему економічної безпеки в умовах цифрової економіки, що дає змогу розширити традиційне розуміння цифрової трансформації за рахунок урахування нових ризиків та загроз [5; 6].

Системні зміни, пов'язані з четвертою промисловою революцією, досліджують А. Крисоватий, О. Сохацька, І. Скавронська та ін. У центрі уваги цих науковців перебувають трансформація міжнародних інвестиційних потоків, технологічні зміни та нові закономірності розвитку світової економіки [7]. У цьому контексті І. Крисоватий звертає увагу на трансформацію сучасної ринкової інфраструктури України, що є важливою передумовою адаптації до змін [8].

Важливе місце у наукових дослідженнях посідає аналіз соціально-економічних наслідків цифровізації. О. Піжук та В. Муравйов розглядають економічні та соціальні наслідки цифровізації національного господарства, підкреслюючи її комплексний вплив на суспільно-економічні процеси [9].

О. Пташенко досліджує систему соціальної безпеки міста в умовах цифрової трансформації, що дає змогу пов'язати технологічне оновлення міського середовища із соціальними результатами цифровізації [10].

Макроекономічний і глобальний контекст цифрових трансформацій розкривається у працях Н. Резнікової, яка досліджує особливості економічної кон'юнктури розвинених країн та її вплив на функціонування економічних систем [11]. Водночас Н. Резнікова, В. Панченко, Д. Русак та О. Іващенко акцентують увагу на промислових екосистемах, кластерах та екоіндустріальних парках як чинниках сталого розвитку в глобальних ланцюгах створення вартості та поставок [12].

Проблематика стійкості інфраструктурних та економічних систем набуває особливої актуальності в умовах глобальної невизначеності. Д. Русак, Н. Резнікова та О. Іващенко досліджують ризик-менеджмент глобальних ланцюгів поставок, акцентуючи увагу на їхній вразливості та необхідності формування стійких механізмів стратегічного управління [13]. Локальний вимір цифрової трансформації та її вплив на соціальну безпеку розглядають А. Шлапак та О. Іващенко, обґрунтовуючи необхідність удосконалення управління соціальною безпекою на рівні територій в умовах цифрової економіки [14]. Це дає змогу розширити дослідження міської транспортної інфраструктури, враховуючи не лише її економічну та технологічну ефективність, а й вплив на доступність міських послуг, мобільність населення та соціальну інклюзію.

Отже, проведений аналіз засвідчує наявність значного теоретичного підґрунтя для дослідження цифровізації, транспортної інфраструктури, інноваційного розвитку, економічної безпеки та сталого розвитку. Водночас питання комплексного визначення економічних детермінант, які одночасно забезпечують цифровізацію й екологізацію міської транспортної інфраструктури, залишаються недостатньо розкритими. Потребують подальшого дослідження взаємозв'язки між інвестиційними ресурсами, цифровими технологіями, інноваційною активністю, фінансовими можливостями міст, екологічними вимогами та результативністю транспортної модернізації. Саме ця наукова прогалина визначає доцільність подальшого дослідження економічних механізмів цифрово-екологічної трансформації міського транспорту України.

Метою статті є визначення та систематизація економічних детермінант цифровізації й екологізації міської транспортної інфраструктури та обґрунтування напрямів її сталої трансформації.

Виклад основного матеріалу дослідження. Транспортна інфраструктура є одним із визначальних елементів функціонування великого міста, оскільки забезпечує переміщення населення і товарів, зв'язує між собою окремі райони та створює умови для економічної активності. Її стан безпосередньо впливає на доступність робочих місць і соціальних послуг, використання міського простору, якість життя населення та екологічну ситуацію. Тому розвиток транспортної системи слід розглядати не лише як технічне завдання, а як складову загальної політики міського розвитку.

Зростання населення великих міст, автомобілізація та розширення приміських територій посилюють навантаження на транспортну мережу. Наслідками цього стають затори, збільшення часу поїздок, зниження ефективності громадського транспорту, нерівномірна доступність окремих районів і зростання витрат на утримання інфраструктури. Одночасно транспорт залишається одним із важливих чинників забруднення міського середовища, що зумовлює необхідність пошуку рішень, здатних

поєднати мобільність, економічну ефективність та екологічну безпеку.

У таких умовах традиційне розширення автомобільної інфраструктури не може бути єдиним напрямом розвитку. Пріоритетного значення набувають модернізація громадського транспорту, розвиток пішохідної та велосипедної інфраструктури, інтеграція різних видів перевезень і впровадження цифрових технологій управління транспортними потоками [3]. Важливою складовою цього процесу є електрифікація транспорту, використання інтелектуальних систем регулювання руху та цифрових сервісів, які дають змогу ефективніше використовувати наявні ресурси.

При цьому реалізація інфраструктурних змін залежить від фінансових та інституційних можливостей міста. Масштабні транспортні проєкти потребують значних інвестицій, довгострокового планування та поєднання різних джерел фінансування. Не менш важливою є координація між органами влади, транспортними операторами, бізнесом і громадськістю, оскільки транспортна політика має бути узгоджена з містобудівним розвитком та потребами населення.

Для українських міст питання модернізації транспортної інфраструктури набуває особливого значення через необхідність відновлення пошкоджених об'єктів, обмеженість ресурсів та зміну пріоритетів міського розвитку. Відбудова створює можливість не лише відновити існуючу інфраструктуру, а й перейти до більш сучасної моделі міської мобільності, заснованої на принципах безпеки, доступності, технологічності й екологічної відповідальності [9].

Отже, модернізація транспортної інфраструктури великих міст потребує комплексного підходу, який враховує технологічні, фінансові, інституційні та екологічні чинники. Її результативність доцільно оцінювати не тільки за обсягом створеної інфраструктури, а передусім за тим, наскільки вона підвищує доступність міського простору, скорочує транспортні витрати, підтримує економічну активність і покращує умови життя населення.

У найбільш загальному розумінні цифровізацію транспортної сфери можна пов'язати із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій для автоматизації окремих операцій, збору та обробки інформації, організації транспортних послуг і підвищення ефективності управління. Проте таке трактування є недостатнім для характеристики сучасних міських транспортних систем, оскільки зводить цифровізацію переважно до технологічного забезпечення окремих процесів [8]. Насправді її вплив поширюється на весь цикл функціонування транспортної інфраструктури від формування транспортної політики та планування розвитку мережі до експлуатації об'єктів, моніторингу їхнього стану й оцінювання отриманих результатів.

Планування є першим важливим напрямом цифровізації транспортної інфраструктури. Використання цифрових карт, геоінформаційних систем, даних про переміщення населення, транспортні потоки та завантаженість дорожньої мережі дає змогу отримувати більш повне уявлення про реальну структуру міської мобільності [2]. На цій основі можна визначати проблемні ділянки транспортної мережі, прогнозувати зміни попиту, оцінювати варіанти розвитку маршрутів та обґрунтовувати інвестиційні рішення. Відтак цифрові технології виконують не лише інформаційну, а й аналітичну функцію.

Другим напрямом є цифровізація управління транспортною системою. Йдеться про використання автоматизованих систем регулювання руху, диспетчерських платформ, систем управління громадським транспортом, електронної оплати проїзду та інших цифрових інструментів. Їхнє по-

єднання дає змогу оперативніше реагувати на зміни транспортної ситуації, регулювати рух, контролювати роботу транспортних операторів та підвищувати якість обслуговування пасажирів. При цьому результативність цифрового управління залежить не стільки від наявності окремих технологій, скільки від можливості їхньої інтеграції в єдину систему.

Важливою складовою цифровізації є також експлуатація транспортної інфраструктури. Цифрові системи дають змогу здійснювати дистанційний контроль за станом окремих об'єктів, транспортних засобів та інженерного обладнання, фіксувати відхилення у їхній роботі та своєчасно виявляти потребу в технічному обслуговуванні. Використання накопичених даних створює передумови для переходу від переважно реактивного обслуговування інфраструктури до планування ремонтних робіт з урахуванням фактичного стану об'єктів та прогнозованої потреби в їхньому відновленні.

Окреме значення має цифровий моніторинг. Постійне отримання інформації про інтенсивність руху, швидкість транспортних потоків, пасажиропотоки, завантаженість маршрутів та стан інфраструктури дає змогу оцінювати фактичні результати ухвалених управлінських рішень. У цьому випадку моніторинг не обмежується накопиченням статистичних даних. Його основною функцією стає формування інформаційної основи для подальшого коригування транспортної політики, маршрутної мережі, режимів руху та пріоритетів розвитку інфраструктури. В табл. 1 подано обґрунтування цифрового підходу до сутності міської транспортної інфраструктури в умовах цифрового впливу.

Зважаючи на це, цифровізацію міської транспортної інфраструктури доцільно визначати не лише як впровадження цифрових технологій, а як системний процес цифрової трансформації планування, управління, експлуатації та моніторингу транспортної системи, заснований на інтеграції даних і їхньому використанні для ухвалення, оцінювання та коригування управлінських рішень.

Таке визначення акцентує увагу на декількох принципових положеннях. По-перше, цифровізація охоплює не окремий технологічний продукт, а сукупність процесів, пов'язаних із функціонуванням транспортної інфраструктури. По-друге, її основою є не лише технології, а й дані, які забезпечують інформаційний зв'язок між різними елементами транспортної системи. По-третє, кінцевим результатом цифровізації є не саме впровадження технологій, а підвищення обґрунтованості, оперативності й адаптивності управлінських рішень.

Транспортна інфраструктура великого міста формує значний обсяг екологічного навантаження, оскільки її функціонування пов'язане зі споживанням енергії та палива, використанням земельних ресурсів, утворенням викидів і шуму, а також постійним переміщенням значної кількості транспортних засобів. Водночас транспорт є необхідною умовою функціонування міської економіки та забезпечення повсякденних потреб населення [11]. Саме ця суперечність визначає складність екологічної трансформації міського транспорту: скорочення негативного впливу не може досягатися шляхом обмеження мобільності як такої. Йдеться про зміну способів організації переміщень, технологій перевезень і використання інфраструктури таким чином, щоб задовольняти транспортний попит із меншими витратами ресурсів та нижчим екологічним навантаженням.

Традиційна модель розвитку міського транспорту значною мірою орієнтувалася на забезпечення зростаючого попиту шляхом розширення дорожньої мережі та збільшення кількості транспортних засобів. Такий

Таблиця 1

Теоретична сутність цифровізації міської транспортної інфраструктури*

Критерій	Поширене трактування цифровізації	Уточнений підхід
Сутність	Впровадження цифрових технологій у транспортну сферу	Системна цифрова трансформація функціонування транспортної інфраструктури
Основний об'єкт	Окремі процеси, послуги або транспортні об'єкти	Міська транспортна система як взаємопов'язана сукупність процесів та об'єктів
Планування	Використання цифрових карт, моделей та даних	Цифрове обґрунтування, прогнозування та коригування транспортних рішень
Управління	Автоматизація окремих управлінських операцій	Інтегроване управління транспортними процесами на основі актуальних даних
Експлуатація	Автоматизація та контроль окремих операцій	Оптимізація експлуатації та технічного обслуговування з урахуванням фактичного стану
Моніторинг	Збір і зберігання інформації	Безперервний збір, аналіз та використання даних для ухвалення рішень
Дані	Інформаційний ресурс	Основа взаємодії між плануванням, управлінням, експлуатацією та моніторингом
Управлінський цикл	Окремі цифрові рішення	Єдиний цикл "дані - рішення - реалізація - моніторинг - коригування"
Основний результат	Підвищення рівня технологічності	Підвищення ефективності, керованості та адаптивності транспортної системи

*Складено на основі [1–14].

підхід мав певну логіку на етапах інтенсивної автомобілізації, проте його можливості в умовах щільної міської забудови є обмеженими. Збільшення кількості автомобілів призводить до додаткового навантаження на дороги, потребує нових площ для руху та паркування, підвищує енергоспоживання і, за відповідної структури автопарку, збільшує обсяги викидів. У результаті виникає ситуація, за якої розширення транспортної інфраструктури саме собою не усуває причин транспортного перевантаження.

Тому екологізацію доцільно пов'язувати не тільки з удосконаленням технічних характеристик транспортних засобів, а з більш глибокою зміною транспортної системи [7]. У цьому випадку об'єктом екологізації стає не окремий автомобіль, автобус чи дорожній об'єкт, а вся система міської мобільності. Її зміни мають охоплювати структуру транспортного попиту, співвідношення різних видів транспорту, характеристики рухомого складу, організацію руху, використання енергетичних ресурсів та принципи планування нової інфраструктури (табл. 2).

З цієї позиції екологізацію міської транспортної інфраструктури можна визначити як комплексний процес структурних, технологічних, інфраструктурних та організаційних змін, спрямованих на зменшення ресурсного й енергетичного навантаження транспорту, скорочення викидів парникових газів та інших забруднювальних речовин, підвищення ролі екологічно ефективних видів транспорту та поступове формування низьковуглецевої моделі міської мобільності.

Таке трактування дає змогу розмежувати екологізацію та окремі природоохоронні заходи. Наприклад, заміна дизельного автобуса на електробус є технологічним заходом, але ще не означає повної екологізації транспортної системи. Якщо при цьому зберігається низька якість громадського транспорту, зростає кількість приватних

Таблиця 2

Порівняльна характеристика підходів щодо визначення екологізації*

Параметр	Вузьке трактування	Запропонований підхід
Основний акцент	Скорочення викидів	Комплексна зміна транспортної системи
Основний об'єкт	Транспортний засіб або технологія	Міська транспортна інфраструктура та мобільність
Технології	Заміна двигуна, очищення викидів	Електрифікація, енергоефективність, цифрове управління
Структура мобільності	Не є визначальною	Скорочення автомобільної залежності та розвиток альтернатив
Громадський транспорт	Окремий вид транспорту	Один із ключових механізмів екологічної трансформації
Ресурси	Переважно паливо	Паливо, енергія, матеріали та міський простір
Інфраструктура	Об'єкт модернізації	Інструмент зміни моделі мобільності
Екологічний результат	Зниження окремих видів викидів	Зменшення сукупного ресурсного та екологічного навантаження
Кінцевий орієнтир	"Чистіший" транспорт	Низьковуглецева модель міської мобільності

*Складено на основі [1–14].

автомобілів, відсутні умови для пішохідного та велосипедного руху, а транспортна мережа продовжує формуватися без урахування просторової структури міста, екологічний ефект буде обмеженим. Отже, результат залежить від узгодженості окремих заходів між собою.

Зауважимо, що розвиток міської транспортної інфраструктури визначається не лише технічним станом мережі та можливістю застосування сучасних технологій. Реальні темпи її оновлення залежать від економічних умов, у яких функціонує місто, обсягу доступних фінансових ресурсів, характеру транспортного попиту, можливостей населення оплачувати транспортні послуги та спроможності органів місцевого самоврядування організовувати складні інфраструктурні проєкти. Тому цифрові, технологічні та екологічні зміни доцільно розглядати у безпосередньому зв'язку з економічним середовищем міста.

Особливість транспортної інфраструктури полягає у значній капіталомісткості та тривалому періоді використання створених об'єктів. Рішення щодо будівництва транспортної розв'язки, оновлення рухомого складу, електрифікації маршрутів, впровадження систем управління рухом або створення цифрової платформи мають наслідки на багато років. При цьому витрати виникають не лише на етапі реалізації проєкту. Після введення об'єкта в експлуатацію необхідні кошти на його утримання, ремонт, оновлення обладнання, програмне забезпечення та підготовку персоналу. Отже, економічна спроможність міста має оцінюватися з урахуванням повного життєвого циклу інфраструктурного рішення.

Таким чином, економічні детермінанти можна умовно об'єднати у чотири взаємопов'язані групи (табл. 3).

Отже, систематизовано економічні детермінанти трансформації міської транспортної інфраструктури за ресурсною, технологічною, ринковою та інституційною складовими, що дало змогу розмежувати умови формування інвестиційного потенціалу, технологічної готовності, відповідності інфраструктури транспортному попиту та організаційної спроможності реалізовувати проєкти модернізації.

Спираючись на зазначене вище, зауважимо, що інтегрований підхід передбачає розгляд цифрових, економічних та екологічних складових не як самостійних напрямів модернізації, а як взаємопов'язаних елементів єдиного управлінського проце-

Таблиця 3

Систематизація економічних детермінант*

Група	Економічна детермінанта	Вплив
Ресурсна	Рівень інвестиційного забезпечення	Визначає обсяг доступних коштів для реалізації інфраструктурних проєктів
	Фінансова спроможність місцевого самоврядування	Визначає можливість співфінансування та утримання створених об'єктів
	Доступність зовнішнього фінансування	Розширює інвестиційні можливості міста
Технологічна	Доступність інноваційних технологій	Визначає можливість технологічного оновлення транспортної системи
	Вартість цифрової модернізації	Впливає на економічну доцільність цифрових рішень
	Вартість життєвого циклу технологій	Визначає не лише початкові, а й майбутні витрати
Ринкова	Структура транспортного попиту	Визначає потребу в різних видах транспорту та інфраструктури
	Рівень доходів населення	Впливає на транспортну поведінку та платоспроможність користувачів
	Рівень автомобілізації	Визначає навантаження на дорожню мережу та попит на паркування
Інституційна	Якість управління	Визначає ефективність планування, реалізації та контролю проєктів
	Проєктна спроможність органів влади	Визначає здатність готувати та реалізовувати складні інфраструктурні проєкти
	Доступність державно-приватного партнерства	Дає змогу залучати приватний капітал та компетенції
	Якість регуляторного середовища	Визначає умови залучення бізнесу та інвесторів

* Складено автором.

су. Його сутність полягає у тому, що вибір технології або інфраструктурного проєкту здійснюється з урахуванням одночасно транспортного ефекту, потреби в ресурсах, експлуатаційних витрат та екологічних наслідків.

Економічний ефект цифрових рішень проявляється насамперед через підвищення ефективності використання наявних ресурсів. Автоматизований моніторинг транспортних потоків, прогнозування попиту та оптимізація роботи маршрутів можуть зменшувати непродуктивні пробіги, простої та надмірне використання транспортних засобів. Водночас цифрові системи потребують власних інвестицій, технічного обслуговування, оновлення програмного забезпечення та захисту даних. Тому доцільність цифровізації має визначатися співвідношенням витрат протягом життєвого циклу системи та очікуваних економічних і управлінських результатів.

Екологічна складова інтегрованого підходу полягає у включенні відповідних критеріїв безпосередньо до процесу вибору напрямів модернізації. Екологічний ефект не повинен оцінюватися лише після завершення проєкту. Уже на етапі планування необхідно враховувати енергоємність транспортних технологій, рівень викидів, потребу в ресурсах, можливість скорочення використання викопного палива та вплив запропонованого рішення на структуру міської мобільності.

Це особливо важливо під час вибору між альтернативними технологіями. Рішення з нижчою початковою вартістю не обов'язково є економічно вигіднішим у довгостроковій перспективі, якщо воно потребує значних витрат на енергію, ремонт або заміну обладнання. Так і технологічно сучасне рішення не можна вважати опти-

мальним лише через його інноваційність. Його переваги мають бути підтверджені фактичним впливом на транспортні, фінансові та екологічні показники.

У межах такого підходу екологічні вимоги виконують не обмежувальну, а орієнтаційну функцію. Вони впливають на визначення пріоритетів інвестування, вибір типу рухомого складу, розвиток громадського та немоторизованого транспорту, електрифікацію, організацію транспортних потоків і використання міського простору. Водночас цифрові інструменти забезпечують можливість вимірювати результати цих змін та коригувати управлінські рішення відповідно до фактичної ситуації. В табл. 4 подано порівняння підходів.

Отже, логіка інтегрованого управління може бути подана як послідовність: виявлення транспортної проблеми, збір та аналіз даних, формування альтернатив, оцінювання економічних і екологічних наслідків, вибір технологічного рішення, моніторинг результатів. Такий порядок дає змогу пов'язати планування, фінансування, технологічне оновлення та контроль в одному циклі управління.

Відмінність запропонованого підходу від фрагментарної модернізації полягає у зміні критерію вибору. Предметом управлінського рішення стає не окрема технологія, яку необхідно впровадити, а спосіб вирішення конкретної транспортної проблеми з найкращим співвідношенням економічного, екологічного та транспортного результату. За такого підходу цифровізацію розглядають як засіб підвищення обґрунтованості рішень, а не як самостійну ціль; екологічні вимоги – це один із базових критеріїв технологічного вибору; економічна оцінка – це характеристика не лише початкових витрат, а й довгострокової ефективності.

Таким чином, інтегрований підхід забезпечує узгодження трьох взаємопов'язаних завдань міської транспортної політики: підвищення ефективності функціонування інфраструктури, зменшення її негативного впливу на довкілля та раціонального використання фінансових і матеріальних ресурсів. Його застосування створює основу для переходу від окремих технологічних проєктів до послідовної трансформації транспортної системи міста.

Висновки. Запропонований підхід спрямований на комплексне вдосконалення

Таблиця 4

Порівняння підходів до управління міською транспортною інфраструктурою*

Критерій	Фрагментарний підхід	Інтегрований підхід
Об'єкт управління	Окремий транспортний або технологічний проєкт	Транспортна система як взаємопов'язана сукупність елементів
Роль цифровізації	Окремий напрям модернізації	Інструмент аналізу, прогнозування та управління
Екологічні вимоги	Додаткова умова або результат оцінювання	Критерій вибору напрямів модернізації
Економічна оцінка	Переважно початкові витрати	Витрати та ефекти протягом життєвого циклу
Використання даних	Інформаційне забезпечення	Основа ухвалення та коригування рішень
Вибір технології	За технічними характеристиками та ціною	За сукупністю транспортних, економічних і екологічних результатів
Оцінювання результату	Після завершення проєкту	Безперервний моніторинг
Основний результат	Реалізація окремих заходів	Узгоджена трансформація транспортної системи

* Складено автором.

транспортних систем великих міст України з урахуванням економічних, екологічних і соціальних чинників. Його реалізація дає змогу ефективніше використовувати транспортну інфраструктуру, скорочувати витрати часу та ресурсів, зменшувати негативний вплив транспорту на довкілля та покращувати якість транспортного обслуговування населення.

Важливим результатом є підвищення доступності міської мобільності завдяки раціональній організації транспортних потоків, розвитку громадського транспорту та узгодженню різних видів перевезень. При цьому екологічна орієнтація транспортної політики сприяє зниженню викидів і формуванню комфортнішого міського середовища.

Для українських міст особливого значення набуває здатність транспортної інфраструктури адаптуватися до економічних, енергетичних та безпекових викликів. Тому запропонований підхід може бути використаний як основа для формування більш стійкої транспортної системи, здатної забезпечувати потреби населення та підтримувати розвиток міської економіки.

Список використаних джерел

1. Prokopenko O., Kichuk Ya., Ptashchenko O., Yurko I., Cherkashyna M. Logistics Concepts to Optimise Business Processes. Estudios de Economia Aplicada. 2021. № 39. Art. 4712. http://dx.doi.org/10.25115/eea.v39i3.4712.

2. Shevchenko I., Haraev M., Krysovatyy I., Kurtsev O. (2024). The Digital Investment Platform as a Means of Forming and Implementing an Investment Project of a Railway Company. In: Yang, XS., Sherratt, S., Dey, N., Joshi, A. (eds) Proceedings of Ninth International Congress on Information and Communication Technology. ICICT 2024 2024. Lecture Notes in Networks and Systems. 2024. Vol 1014. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-97-3562-4_36.

3. Дмитрієва О. І. Транспортна інфраструктура як об'єкт державного регулювання. Проблеми і перспективи розвитку підприємництва. 2020. № 24. С. 52–63. https://doi.org/10.30977/PPB.2226-8820.2020.24.0.52.

4. Карчева Г. Т., Огородня Д. В., Опенька В. А. Цифрова економіка та її вплив на розвиток національної та міжнародної економіки. Фінансовий простір. 2017. № 3. С. 13–21. URL : https://fp.lnu.edu.ua/index.php/fp/article/view/523.

5. Кириленко С. В. Система економічної безпеки в умовах цифрової економіки. Журнал стратегічних економічних досліджень. 2024. № 1. С. 40–47. URL: https://en.econ-vistnyk.knutd.edu.ua/wp-content/uploads/sites/19/2024/06/1-2024-4.pdf.

6. Кириленко С. В. Формування інноваційної екосистеми підприємництва в умовах цифрової економіки. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2024. Вип. 4. С. 36–42. https://doi.org/10.33216/1998-7927-2024-284-4-36-42.

7. Крисоватий А. І., Сохацька О. М., Скавронська І. В. та ін. Четверта промислова революція : зміна напрямів міжнародних інвестиційних потоків : монографія / за наук. ред. А. І. Крисоватого та О. М. Сохацької. Тернопіль : Осадца Ю. В., 2018. 480 с.

8. Крисоватий І.А. Сучасна ринкова інфраструктура України. Abstracts of II International Scientific and Practical Conference. Berlin, Germany. P. 87–88. URL : https://eu-conf.com/events/research-work-in-the-system-of-training-teachers-in-technological-fields/.

9. Піжук О. І., Муравйов В. Є. Економічні та соціальні наслідки цифровізації національного господарства. Економічний простір. 2020. № 163. https://doi.org/10.32782/2224-6282/163-10.

10. Птащенко О. Система соціальної безпеки міста в умовах цифрової трансформації. Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. 2023. Вип. 4. С. 41–46. https://doi.org/10.33216/1998-7927-2023-280-4-41-46, https://journals.snu.edu.ua/index.php/VisnikSNU/issue/archive.

11. Резнікова Н. В. Економічна кон'юнктура розвинених країн : навч. посіб. у 2-х ч. Київ : Аграр Медіа Груп, 2021. Ч.1. 422 с.

12. Резнікова Н.В., Панченко В.Г., Русак Д.М., Іващенко О.А. Промислові екосистеми в глобальних ланцюжках створення вартості та поставок: кластери, інноваційні та екоіндустріальні парки як чинник сталого розвитку. Вісник Маріупольського державного університету. Економіка. 2022. № 23. С. 5–16. DOI: 10.34079/2226-2822-2022-12-23-5-16.

13. Русак Д., Резнікова Н., Іващенко О. Ризик-менеджмент глобальних ланцюгів поставок: вразливість і стійкість у фокусі стратегічного управління в умовах глобальної невизначеності економічної кон›юнктури. Агросвіт. 2022. № 21. С. 3–11. URL : https://nayka.com.ua/index.php/agrosvit/article/view/681/689, DOI: 10.32702/2306-6792.2022.21.3.

14. Шлапак А. В., Іващенко О. А. Управління соціальною безпекою в умовах цифрової економіки: локальний рівень. Бізнес Інформ. 2024. № 1. С. 87–94. https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-1-87-94.

References

1. Prokopenko, O., Kichuk, Ya., Ptashchenko, O., Yurko, I., Cherkashyna, M. (2021). Logistics Concepts to Optimise Business Processes. Estudios de Economia Aplicada, 39, 4712. https://doi.org/10.25115/eea.v39i3.4712.

2. Shevchenko, I., Haraev, M., Krysovatyy, I., Kurtsev, O. (2024). The Digital Investment Platform as a Means of Forming and Implementing an Investment Project of a Railway Company. In: Yang, X.-S., Sherratt, S., Dey, N., Joshi, A. (Eds.), Proceedings of Ninth International Congress on Information and Communication Technology. ICICT 2024. Lecture Notes in Networks and Systems, 1014. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-97-3562-4_36.

3. Dmytriieva, O. I. (2020). Transportna infrastruktura yak obiekt derzhavnoho rehuliuvannia [Transport infrastructure as an object of state regulation]. Problemy i perspektyvy rozvytku pidpryiemnytstva – Challenges and Prospects for Entrepreneurship Development, 24, 52–63. https://doi.org/10.30977/PPB.2226-8820.2020.24.0.52.

4. Karcheva, H. T., Ohorodnia, D. V., Openka, V. A. (2017). Tsyfrova ekonomika ta yii vplyv na rozvytok natsionalnoi ta mizhnarodnoi ekonomiky [Digital economy and its impact on the development of national and international economy]. Finansovyi prostir – Financial Space, 3, 13–21. https://fp.lnu.edu.ua/index.php/fp/article/view/523.

5. Kyrylenko, S. V. (2024). Systema ekonomichnoi bezpeky v umovakh tsyfrovoi ekonomiky [Economic security system in the conditions of digital economy]. Zhurnal stratehichnykh ekonomichnykh doslidzhen – Journal of Strategic Economic Research, 1, 40–47. https://en.econ-vistnyk.knutd.edu.ua/wp-content/uploads/sites/19/2024/06/1-2024-4.pdf.

6. Kyrylenko, S. V. (2024). Formuvannia innovatsiinoi ekosystemy pidpryiemnytstva v umovakh tsyfrovoi ekonomiky [Formation of an innovative ecosystem of entrepreneurship in the conditions of digital economy]. Visnyk Skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu imeni Volodymyra Dalia – Bulletin of Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 4, 36–42. https://doi.org/10.33216/1998-7927-2024-284-4-36-42.

7. Krysovatyy, A. I., Sokhatska, O. M., Skavronska, I. V. (2018). Chetverta promyslova revoliutsiia: zmina napriamiv mizhnarodnykh investytsiinykh potokiv [The Fourth industrial revolution: changing directions of international investment flows]. Ternopil: Osadtsa Yu. V. [in Ukrainian].

8. Krysovatyy, I. A. (2020). Suchasna rynkova infrastruktura Ukrainy [Modern market infrastructure of Ukraine]. Abstracts of II International Scientific and Practical Conference, Berlin, Germany, 87–88. https://eu-conf.com/events/research-work-in-the-system-of-training-teachers-in-technological-fields/

9. Pizhuk, O. I., Muraviov, V. Ye. (2020). Ekonomichni ta sotsialni naslidky tsyfrovizatsii natsionalnoho hospodarstva [Economic and social consequences of digitalization of the national economy]. Ekonomichnyi prostir – Economic Space, 163. https://doi.org/10.32782/2224-6282/163-10.

10. Ptashchenko, O. (2023). Systema sotsialnoi bezpeky mista v umovakh tsyfrovoi transformatsii [Urban social security system in the conditions of digital transformation]. Visnyk Skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu im. V. Dalia – Bulletin of Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 4, 41–46. https://doi.org/10.33216/1998-7927-2023-280-4-41-46.

11. Reznikova, N. V. (2021). Ekonomichna koniunktura rozvynenykh krain [Economic conditions of developed countries] (part. 1). Kyiv: Ahrar Media Hrup [in Ukrainian].

12. Reznikova, N. V., Panchenko, V. H., Rusak, D. M., Ivashchenko, O. A. (2022). Promyslovi ekosystemy v hlobalnykh lantsiuzhkakh stvorennia vartosti ta postavok: klastery, innovatsiini ta ekoindustrialni parky yak chynnyk staloho rozvytku [Industrial ecosystems in global value and supply chains: clusters, innovation and eco-industrial parks as a factor of sustainable development]. Visnyk Mariupolskoho derzhavnoho universytetu. Ekonomika – Bulletin of Mariupol State University. Economics, 23, 5–16. https://doi.org/10.34079/2226-2822-2022-12-23-5-16.

13. Rusak, D., Reznikova, N., Ivashchenko, O. (2022). Ryzyk-menedzhment hlobalnykh lantsiuhiv postavok: vrazlyvist i stiikist u fokusi stratehichnoho upravlinnia v umovakh hlobalnoi nevyznachenosti ekonomichnoi koniunktury [Risk management of global supply chains: vulnerability and resilience in the focus of strategic management under conditions of global economic uncertainty]. Ahrosvit, 21, 3–11. https://doi.org/10.32702/2306-6792.2022.21.3.

14. Shlapak, A. V., Ivashchenko, O. A. (2024). Upravlinnia sotsialnoiu bezpekoiu v umovakh tsyfrovoi ekonomiky: lokalnyi riven [Social security management in the conditions of digital economy: local level]. Biznes Inform – Business Inform, 1, 87–94. https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-1-87-94.