

ФОРМУВАННЯ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ СМАРТ-ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТ В УМОВАХ ПІСЛЯВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ ТА ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ІНТЕГРАЦІЇ УКРАЇНИ: ПРАВОВИЙ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ТА УПРАВЛІНСЬКИЙ АСПЕКТИ

FORMULATING A STRATEGY FOR THE DEVELOPMENT OF SMART INFRASTRUCTURE IN CITIES IN THE CONTEXT OF POST-WAR RECONSTRUCTION AND EUROPEAN INTEGRATION OF UKRAINE: LEGAL, TECHNOLOGICAL AND ADMINISTRATIVE ASPECTS

Заярний О.А., д.ю.н., професор,
професор кафедри інтелектуальної власності та інформаційного права
Навчально-науковий інститут права Київського національного університету
імені Тараса Шевченка
orcid.org/0000-0003-4549-7201

Оришук В.В., д. філос. з публ. упр. та адміністр.,
науковий співробітник
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
orcid.org/0000-0003-4362-2785

Остапенко Р.В., к.фіз.-мат.н.,
асистент кафедри фізики металів
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
orcid.org/0009-0005-1996-3450

Чуян А.С., провідний фахівець патентно-ліцензійного відділу
Науково-дослідна частина Київського національного університету імені Тараса Шевченка
orcid.org/0009-0005-4089-4795

Тесьолкіна Т.С., д. філос. з екології,
асистент кафедри екології та зоології
Навчально-науковий центр «Інститут біології та медицини»
Київського національного університету імені Тараса Шевченка
orcid.org/0009-0008-8111-7089

Почасвець О.О., к.геогр.н.,
старший науковий співробітник
Науково-дослідна частина Київського національного університету імені Тараса Шевченка
orcid.org/0000-0003-4521-9922

У статті розглянуто теоретичні, правові та управлінські засади формування стратегії розвитку смарт-інфраструктури міст України в умовах післявоєнного відновлення та європейської інтеграції. Проаналізовано сучасні концепції «розумного міста», міжнародні стандарти ISO серії 37100, досвід держав-членів ЄС щодо впровадження цифрових екосистем міського управління. Обґрунтовано необхідність прийняття національної Стратегії розвитку смарт-інфраструктури міст України як комплексного політико-правового документа, що визначає напрями, цілі та інструменти цифрової трансформації муніципального управління. З'ясовано ключові проблеми реалізації смарт-рішень: відсутність єдиного нормативного регулювання, низький рівень цифрової грамотності посадовців, недостатнє фінансування інноваційних проєктів, відсутність інтегрованої системи кібербезпеки. Запропоновано модель багаторівневого управління на основі міжнародних стандартів ISO 37120, 37122, 37106, що дозволяє містам поєднувати цифрові ініціативи з реальними потребами громадян. Окрему увагу приділено екологічному компоненту смарт-інфраструктури, зокрема використанню сенсорних систем моніторингу довкілля та інтеграції супутникових даних для забезпечення екологічної стійкості. Визначено першочергові кроки: прийняття Закону України «Про цифрові операційні платформи міст і громад», впровадження посад CDO у громадах, створення муніципальних центрів реагування на кіберінциденти. Реалізація запропонованої стратегії сприятиме розвитку безпечного, стійкого й інноваційного міського середовища, підвищенню якості життя населення та наблизенню України до європейських стандартів управління.

Ключові слова: смарт-інфраструктура, розумне місто, цифрова трансформація, сталий розвиток, кібербезпека, ISO-стандарти, екологічна безпека, цифрова екосистема.

The article examines the theoretical, legal, and administrative foundations for developing a strategy for smart city infrastructure in Ukraine amid post-war recovery and European integration. It analyzes current "smart city" concepts, the international ISO 37100-series standards, and the experience of EU member states in implementing digital ecosystems for municipal governance. The authors justify the need for adopting a National Strategy for the Development of Urban Smart Infrastructure of Ukraine as a comprehensive policy and legal document that defines objectives, priorities, and tools for municipal digital transformation. The paper identifies key implementation challenges, including fragmented legal regulation, insufficient digital competence among officials, limited funding for innovation projects, and the absence of an integrated cybersecurity framework. A multi-level governance model based on ISO 37120, 37122, and 37106 standards is proposed, enabling cities to align

digital initiatives with the actual needs of their citizens. Particular emphasis is placed on the environmental dimension of smart infrastructure, especially the use of sensor networks and satellite data integration to ensure ecological resilience. The study recommends several urgent actions: adoption of the Law "On Digital Operational Platforms of Cities and Communities", introduction of Chief Digital Transformation Officer (CDTO) positions at the municipal level, and establishment of local cybersecurity incident response centers. Implementing the proposed strategy will facilitate the creation of a secure, resilient, and innovative urban environment, enhance the quality of life, and accelerate Ukraine's alignment with European standards of sustainable urban governance.

Key words: smart infrastructure, smart city, digital transformation, sustainable development, cybersecurity, ISO standards, environmental safety, digital ecosystem.

Постановка проблеми. З початком повномасштабної війни Російської Федерації проти України, зростанням внутрішніх міграційних процесів розвиток смарт-інфраструктури в містах України набув особливого значення.

Як правило, у науковій літературі і законодавстві багатьох держав світу питання реалізації смарт-рішень для забезпечення інноваційного сталого розвитку міської інфраструктури охоплюється концепцією розумного міста [1].

До повномасштабного вторгнення питання цифрової трансформації регіонів, реалізації концепції розумного міста переважно розглядалися у контексті пріоритетів розвитку конкретних територіальних громад [2].

Однак, виклики війни продемонстрували, наскільки розбудова смарт-інфраструктури є життєво важливою для забезпечення сталого розвитку міст, належної реалізації їхніми жителями прав і обов'язків, функціонування промисловості, освіти, охорони здоров'я тощо.

Згідно з останніми прогнозами ООН, до 2050 року в містах проживатиме до 68 % населення планети [3].

Це спонукає органи влади багатьох держав, міжнародні організації, зокрема, Міжнародний союз електрозв'язку, Раду Європи, Європейський банк реконструкції і розвитку до вироблення комплексних рішень з ефективного управління людським капіталом, міською інфраструктурою, природними ресурсами, інформацією, перед усім відкритими даними, протидії кіберзагрозам, раціонального планування міської забудови тощо.

Реалізація вказаного завдання ґрунтується на цілях сталого розвитку світу до 2030 року, які були схвалені Резолюцією Генеральної асамблеї Організації об'єднаних націй на Сімдесятій сесії 25 вересня 2015 року. Відповідно до пункту 11.4 згаданого документа, держави-члени ООН взяли на себе зобов'язання до 2030 року розширити масштаби відкритої для всіх і сталої урбанізації та можливості для комплексного і сталого планування населених пунктів та управління ними на основі широкої участі в усіх країнах [4].

Правову, управлінську і технологічну основу сталого розвитку сучасних міст складає логічно побудована та адаптована під потреби конкретного населеного пункту смарт-інфраструктура, заснована на послідовному впровадженні ефективних інноваційних методів місцевого самоврядування.

Згідно з офіційними даними Міністерства цифрової трансформації України, у 2024 році близько 210 муніципалітетів інтегрували елементи «розумної» інфраструктури – від систем управління трафіком до цифрових платформ участі громадян у прийнятті рішень [5].

При цьому, окремі міста України, зокрема, Вінниця, Дніпро, Київ та Львів за даними Transparency International, входять до переліку найпрозоріших міст країни, демонструючи високий рівень використання відкритих даних та електронних сервісів [6].

Не зважаючи на значні переваги сучасної смарт-інфраструктури для інноваційного розвитку міст, на яких наголошується у наукових і аналітичних джерелах [7], впровадження інноваційних рішень у механізм місцевого самоврядування у наш час супроводжується проявом окремих комплексних проблем цифрової трансформації місцевого самоврядування.

Серед них Рекомендації слухань у Комітеті Верховної Ради України з питань цифрової трансформації на тему:

«Смарт інфраструктура для післявоєнного відновлення та розвитку громад та територій» (від 27 липня 2023 року) вказується на істотне пошкодження об'єктів критичної інфраструктури населених пунктів; недостатній рівень цифрової грамотності серед службовців місцевого самоврядування, зокрема, неповне розуміння переваг сучасної смарт-інфраструктури для потреб територіальних громад; недостатній рівень фінансування інноваційних проєктів; фрагментарна нормативна база у сфері реалізації концепції розумного міста, включно з відсутністю національної стратегії розвитку смарт-інфраструктури міст тощо [8].

До цих проблем, також можна додати, серед іншого відсутність окремих національних стандартів, пов'язаних з розробкою окремих компонентів міської смарт-інфраструктури, наприклад, на основі використання Інтернету речей, застосування містами різних підходів до реалізації концепції розумного міста, відсутність єдиного національного банку (бази) кращих практик впровадження смарт-рішень у міське планування за аналогією до Європейського Союзу, (далі – ЄС).

Поряд з цим, більшість міст України досі не перейшли до практики формування міської смарт-інфраструктури за принципами безпечного проєктування та безпечного використання цифрових рішень, що створює істотні кіберзагрози як для публічних електронних інформаційних ресурсів, так, і для цифрових рішень, які впровадили у свою практику суб'єкти підприємницької діяльності та окремі громадяни [9].

Одним із політико-правових інструментів вирішення цих та багатьох інших проблем може бути розробка і ухвалення розпорядженням Кабінету Міністрів України Стратегії розвитку смарт-інфраструктури міст України. Відсутність в Україні цього нормативного акту, на нашу думку, істотно знижує ефективність впровадження комплексних цифрових рішень у практиці життєдіяльності міст України, не сприяє впровадженню єдиних, заснованих на міжнародних стандартах підходів до управління об'єктами комунальної власності, охорони навколишнього природного середовища, протидії кіберзагрозам і дезінформації, планування IT-архітектури муніципальної інфраструктури, геоінформаційного планування міського простору.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Поручена у цій статті проблематика в останнє десятиліття викликала значний інтерес як серед вітчизняних, так, і зарубіжних вчених і практиків у сфері реалізації концепції розумного міста.

Так, М. Я. Сагайдак у своїй роботі досліджує особливості управління інфраструктурними проєктами в межах реалізації концепції розумного міста з урахуванням викликів війни. Дослідник виділяє стратегічні напрями управління смарт-інфраструктурою міст у контексті сталого розвитку, зокрема: забезпечення енергетичної стійкості, раціональне використання природних ресурсів та управління проєктами у сфері довкілля, забезпечення кібербезпеки, залучення громадськості до прийняття управлінських рішень, відновлення критичної і промислової інфраструктури. На цій основі автор пропонує конкретні шляхи подальшого розвитку смарт-інфраструктури міст України [10].

У своїй статті Пурій Г.В., Байда М.Г., Падалка О.С., Кулішов В.В. здійснили комплексний аналіз трансформаційних індикаторів у містах України, дослідили світовий

досвід розвитку розумних міст, значення індексу цифрової трансформації, приділили увагу людсько-орієнтованій моделі розвитку. Запропоновано стратегічну модель розвитку інфраструктури сталих міст у післявоєнних умовах України [11].

У іншій публікації автори пропонують п'ятикомпонентну модель розвитку розумних міст, засновану на ефективному урядуванні, смарт-рішеннях для сталого розвитку інфраструктури, управління даними, стратегічному плануванні та сталому розвитку міського середовища. В основу цих компонентів дослідники вкладають застосування сучасних інформаційно-комунікаційних технологій, (далі – ІКТ), зокрема: штучного інтелекту, (далі – ШІ), розподілених реєстрів, Інтернету речей, великих даних, тощо [12].

В окремих наукових публікаціях, які виступають теоретичною основою цієї статті дослідники розробили систему класифікації стратегій смарт-міст із урахуванням як кількісних, так і якісних показників та сучасних компетенцій. ДВ основу таких класифікацій вчені покладають ступінь інноваційного розвитку міст, технологічну готовність до впровадження смарт-проектів з управління міською інфраструктурою, забезпечення сталого розвитку і ефективного планування соціальних трансформацій у територіальних громадах, ступінь врахування потреб жителів міст [13].

Не зважаючи на значний інтерес до проблематики розвитку міської смарт-інфраструктури, який спостерігається у науковій літературі та практиці місцевого самоврядування, існують окремі концептуальні питання, які потребують свого системного розв'язання.

Це, зокрема, наукове забезпечення взаємоінтеграції національних і муніципальних електронних інформаційних ресурсів; розробка заснованого на кращих практиках інформатизації місцевого самоврядування правового механізму розвитку смарт-інфраструктури міст з урахуванням викликів війни російської федерації проти України та характеру євроінтеграційних зобов'язань, виконання яких ґрунтується на основі досягнення сталого розвитку міст і громад; впровадження цифрових двійників, ШІ-агентів у практику місцевого самоврядування, зокрема, у сфери надання електронних адміністративних та комунальних послуг, консультування громадян, електронне здоров'я, управління об'єктами культурної спадщини, довкілля, геоінформаційне планування, інші аспекти життєдіяльності міст; удосконалення правових, технологічних та управлінських підходів до розвитку смарт-інфраструктури міст на засадах безпечного проектування і використання її компонентів тощо.

Важливою складовою стратегії розвитку смарт-інфраструктури є екологічний моніторинг, зокрема контроль якості атмосферного повітря. Забруднення повітря визначається у наукових дослідженнях як один із головних екологічних факторів ризику для здоров'я населення у великих містах [14,15]. У цьому контексті ефективна смарт-стратегія має передбачати інтеграцію даних державних моніторингових систем, мереж low-cost сенсорів та супутникових спостережень, що забезпечує підвищення просторового й часового покриття та оперативності реагування. Досвід європейських міст свідчить, що поєднання цифрових платформ з екологічними показниками дозволяє не лише відстежувати динаміку забруднення, а й моделювати сценарії реагування у кризових ситуаціях – від смогових явищ до техногенних інцидентів [16]. Таким чином, екологічний компонент виступає не допоміжним, а системоутворювальним елементом концепції «розумного та стійкого» міста.

Мета статті. Метою статті є розробка науково обґрунтованих засад формування стратегії розвитку смарт-інфраструктури міст України як складової державної регіональної інноваційної політики з урахуванням наслідків

війни та перспектив післявоєнного відновлення, розробка на цій основі конкретних пропозицій щодо удосконалення законодавства з відповідних питань

Виклад основного матеріалу. В основі формування стратегії розвитку смарт-інфраструктури міст, як концептуального політико-правового документа перебуває її юридичне призначення, обґрунтоване визначення її мети, завдань, напрямів і засобів реалізації, забезпечення практичного балансу між вказаними компонентами і очікуваними результатами.

У Великій українській енциклопедії стратегія визначається як «загальний, недеталізований план діяльності, який охоплює довготривалий період, спосіб досягнення складної мети» [17].

Енциклопедія державного управління поняття «стратегія» визначає як: «мистецтво і наука розробки, формування і реалізації цілісної системи довгострокових цілей, завдань та механізмів, спрямованих на розв'язання ключових проблем розвитку держави, регіону, галузі» [18].

Виходячи із наведених визначень, Стратегію розвитку смарт-інфраструктури міст можна визначити, як комплексний політико-правовий нормативний акт, спрямований на створення інтегрованої, стійкої та людиноцентричної цифрової екосистеми, яка забезпечує ефективне управління міським середовищем, підвищення якості життя мешканців, економічну спроможність громад, екологічну безпеку та інклюзивність – з урахуванням викликів війни, завдань післявоєнного відновлення та курсу України на європейську інтеграцію.

За своїм змістом Стратегія розвитку смарт-інфраструктури міст у наведеному контексті має охоплювати широку групу напрямів розвитку місцевого самоврядування, розвивати пріоритетні завдання цифрової трансформації територіальних громад, а також сприяти системній інтеграції сучасних інноваційних рішень у механізм електронного урядування на місцевому рівні.

Фундаментальну основу розробки вказаного документа складає Державна стратегія регіонального розвитку на 2021-2027 роки, затверджена Постановою Кабінету Міністрів України № 695 від 5 серпня 2020 року. Її фундаментальне значення полягає у тому, що вона визначає основні пріоритети державної регіональної політики та виступає рамковим документом, з яким мають бути узгоджені всі секторальні, регіональні та місцеві стратегії розвитку.

Дослідження вказаного нормативно-правового акту дозволяє констатувати його важливу особливість підходу до цифрової трансформації муніципальної інфраструктури. Вона не виокремлена в самостійну, вертикальну стратегічну ціль. Натомість цифрові технології та підходи інтегровані як наскрізний, горизонтальний інструмент для досягнення кожної з трьох ключових стратегічних цілей. Йдеться, зокрема, про такі цілі, як: «Формування згуртованої держави в соціальному, гуманітарному, економічному, екологічному, інформаційному, безпековому та просторовому вимірах; підвищення рівня конкурентоспроможності регіонів; розбудова ефективного багаторівневого урядування» [19].

Розвиток смарт-інфраструктури міст і регіонів визначається вказаною Стратегією не як окрема ціль державної політики регіонального розвитку, а як засіб удосконалення механізму надання електронних публічних послуг, поліпшення доступу громадян і бізнесу до таких послуг, сприяння кіберстійкості, кліматичній нейтральності населених пунктів, ефективному управлінню людським капіталом та природними ресурсами. У цьому контексті, провадження систем електронного документообігу, відкритих даних, електронних закупівель та інструментів е-демократії (бюджети участі, електронні петиції) підвищує прозорість, ефективність та підзвітність ОМС. Крім того, цифрові платформи сприяють залученню громадян

до процесів прийняття рішень та полегшують розвиток міжмуніципального та міжрегіонального співробітництва.

Легалізація такого підходу у проєкті Стратегії розвитку смарт-інфраструктури міст узгоджується з Цілями сталого розвитку України до 2030 року, затвердженими Указом Президента України від 30 вересня 2019 року № 722/2019 [20].

У іншому аспекті формування Стратегії розвитку смарт-інфраструктури міст у системному взаємозв'язку із вказаними вище політико-програмними документами означає, що: по-перше – розвиток смарт-інфраструктури у містах України є не окремою складовою державної регіональної політики, а комплексним засобом вирішення широкої групи завдань розвитку територіальних громад – інноваційним рішенням побудови механізму взаємодії суб'єктів владних повноважень, між собою, з громадянами і бізнесом на місцевому рівні; по-друге – інтеграція смарт-інфраструктури у широку групу завдань регіонального і місцевого розвитку територій України тягне за собою включення питань формування Стратегії розвитку інфраструктури міст у предмет регулювання багатьох законів і підзаконних актів України.

Остання особливість формування Стратегії розвитку смарт-інфраструктури міст, означає потребу врахування специфіки правового регулювання окремих категорій суспільних відносин, які безпосередньо спираються на смарт-рішення в межах міського середовища. Це, зокрема, правовідносини у сферах обробки персональних даних, доступу до публічної інформації, надання електронних публічних послуг, управління об'єктами комунальної власності, надання електронних довірчих послуг, кібербезпеки, охорони довкілля і кліматичної нейтральності, використання інструментів електронної демократії (електронні звернення громадян, електронні вибори, електронні бюджети участі тощо) адміністрування транспортної, енергетичної, промислової інфраструктури, освіти та інновацій.

Аналогічно до України, в державах-членах ЄС питання формування смарт-інфраструктури розумних міст охоплюється предметом багатьох законодавчих актів, в яких запроваджений диференційований підхід до визначення завдань, напрямів і засобів правового регулювання суспільних відносин у відповідній сфері.

За відсутності єдиного законодавчого акту, який регулює суспільні відносини, які виникають у зв'язку з реалізацією концепції розумного міста, в ЄС законодавчі аспекти галузевого рівня цієї концепції закріплені на рівні наднаціональних законодавчих актів (регламентів, директив, хартій). Тоді, як питання формування і виконання національних програм інформатизації, виконання стратегій муніципального розвитку, встановлення спеціальних вимог до IT-архітектури міської інфраструктури є прерогативою регулювання нормами національного законодавства конкретних держав-членів ЄС [7].

Разом з тим, легалізація вказаного підходу до реалізації концепції розумного міста в законодавстві ЄС дозволила його керівним органам визначити основні напрями діяльності у цій сфері правового регулювання, закріпити призначення і цілі розвитку смарт-інфраструктури міст.

Згідно з офіційними даними Єврокомісії, у державах-членах ЄС реалізація концепції розумного міста охоплює такі основні напрями: стійка міська мобільність; стійкі райони та забудоване середовище; інтегровані інфраструктури і процеси в енергетиці, інформаційно-комунікаційних технологіях і транспорті; орієнтація на громадянина; політика та регулювання; інтегроване планування та управління; обмін знаннями; основні індикатори життєдіяльності, показники ефективності й метрики розвитку міської інноваційної інфраструктури; управління відкритими даними; стандарти і специфікація; бізнес-моделі, закупівлі та фінансування цифрових рішень для сталого розвитку міст і громад [21].

Легалізація основних напрямів і підходів до розвитку смарт-інфраструктури міст в ЄС дозволила урядам держав-членів та органам місцевого самоврядування схвалити відповідні стратегії.

Як показує аналіз відповідних нормативних актів [22], основні відмінності між ними виявляються у підходах до способів реалізації концепції розумного міста, плануванні IT-архітектури міської інфраструктури, пріоритетних напрямках цифрової трансформації.

Водночас системний аналіз вказаних напрямів реалізації концепції розумного міста, стратегій її реалізації на прикладі окремих міст і законодавства ЄС з відповідних питань, дає підстави констатувати, що питання розвитку міської смарт-інфраструктури розглядаються у взаємному зв'язку з іншими аспектами публічного адміністрування міст і громад.

Дослідження смарт-інфраструктури міст з найвищим індексом впровадження розумних рішень дозволило дослідникам дійти висновку, що у цьому контексті пріоритетними напрямками розвитку також залишаються відкриті стандарти, цифровий суверенітет, участь громадян у прийнятті рішень місцевого значення, міжсекторальна інтеграція (мобільність – енергія – цифрові послуги) [23].

Поряд з вказаним, згадані дослідження наголошують на необхідності запровадження Міжнародних технічних стандартів смарт-міста (ISO 30146; ISO 37122) для керування інвестиціями в об'єкти міської інфраструктури, формування цифрових рішень місцевого або регіонального значення, забезпечення публічної підзвітності. Адже, на думку дослідників проблематики, порушеної у межах цієї статті, без впровадження уніфікованих показників оцінки цифрової трансформації територіальних громад та застосування відповідних міжнародних технічних стандартів неможливо об'єктивно оцінити ефективність смарт-інфраструктури та її вплив на якість життя, рівень доступу до електронних публічних послуг, стійкість до кіберризиків.

Грунтуючись на таких підходах з боку законодавства ЄС та України можна запропонувати наступний основний блок завдань Стратегії розвитку смарт-інфраструктури міст: формування єдиної державної політики у сфері смарт-інфраструктури міст шляхом ухвалення нормативної, інституційної та фінансової рамки, яка забезпечує взаємосумісність рішень, стандартизацію підходів та системну інтеграцію цифрових платформ і сервісів між громадами та центральними органами виконавчої влади; розбудова надійної, масштабованої цифрової інфраструктури на місцевому рівні: широкосмуговий доступ, мережі 5G, дата-центри, міські IoT-системи, геоінформаційні платформи, цифрові двійники (digital twins) та інтелектуальні системи управління даними; провадження безпечних та ефективних цифрових сервісів для громадян і бізнесу: електронні адміністративні послуги, онлайн-освіта, телемедицина, електронна ідентифікація, інструменти цифрової участі (е-петиції, бюджет участі, опитування), інтегровані в екосистему “Дія”, DREAM та державні реєстри; зміцнення кібербезпеки та цифрового суверенітету громад: розробка локальних політик інформаційної безпеки, створення муніципальних центрів реагування на кіберінциденти, впровадження систем резервного зберігання та безперервності надання послуг; створення умов для інноваційного розвитку громад: запуск муніципальних смарт-інкубаторів, “живих лабораторій”, розробка типових смарт-рішень для міст, підтримка стартапів і МСП у сфері IT через державно-приватне партнерство; підвищення цифрової спроможності місцевої влади: розвиток інституції CDTO в кожній громаді, забезпечення системної підготовки кадрів у сфері цифрової трансформації, розширення освітніх програм у співпраці з бізнесом та університетами; запровадження механізмів моніторингу та оцінки ефективності цифрових змін: використання національних рейтингів прозорості, цифрових

дашбордів для громад, аналітики відкритих даних і публічної звітності про виконання стратегії; адаптація міст до умов воєнного та післявоєнного періоду: створення смарт-інструментів для управління евакуацією, логістикою, моніторингом безпеки, координацією відновлення, цифрового документообігу у сфері захисту та допомоги вразливим категоріям населення.

Окреслені завдання мають універсальний характер і покликані бути орієнтирами для українських міст при розробці і реалізації власних стратегій розвитку комунальної смарт-інфраструктури.

В основі їх реалізації, на нашу думку, має перебувати орієнтація на забезпечення прав і свобод людини, прав та законних інтересів суб'єктів підприємницької діяльності, прагнення до забезпечення сталого розвитку міст, кібербезпеки міської смарт-інфраструктури, інтероперабельності цифрових технологій, узгодження інноваційних рішень з безпосередніми потребами конкретних населених пунктів [24].

Проте, визнання органами місцевого самоврядування усіх чи окремих з перелічених завдань, пріоритетними, а так само як і їх перегляд з акцентом на промислово, технологічну, економічну спроможність конкретних міст, буде безпосередньо позначатися на інструментах виконання таких завдань.

Як демонструють результати проведених досліджень проблематики розвитку смарт-інфраструктури окремих столиць держав-членів ЄС, пріоритети розвитку у цій сфері пов'язані з енергетикою: підвищення енергоефективності будівель і транспорту, розгортання ВДЕ, цифровий моніторинг і керування попитом/пропозицією енергії, розробкою порівнюваних індикаторів для вимірювання прогресу впровадження цифрових рішень [25].

У контексті формування стратегії розвитку смарт-інфраструктури міст, як універсального політико-правового документа, важливе значення має його змістовне наповнення на основі міжнародних стандартів, з перед усім ISO [26, 27].

Стандарт ISO 37101:2016 є правовим і технічним фундаментом усієї екосистеми стандартів для розумних міст. Він не пропонує конкретних технологічних рішень, а встановлює вимоги до системи муніципального управління для забезпечення сталого розвитку міст і громад.

Сутність положень стандарту полягає у впровадженні цілісного підходу, який забезпечує узгодженість дій міста з його власною політикою сталого розвитку, на основі інтеграції в його інфраструктуру екологічної, економічної і соціальної складових.

Формування містами власних стратегій розвитку смарт-інфраструктури на основі вимог ISO 37101 передбачає досягнення наступних основних результатів: 1) управління стійкістю інфраструктури та сприяння створенню організаційних механізмів для довгострокового планування та адаптації до змін; 2) покращення внеску громади у досягнення результатів сталого розвитку; 3) оцінка ефективності громади, шляхом впровадження механізмів для моніторингу прогресу у досягненні цілей сталого розвитку, а також рівня "розумності" та стійкості міської інфраструктури; 4) виконання зобов'язань щодо відповідності через забезпечення дотримання законодавчих та інших регуляторних вимог, передбачених нормами національного законодавства до процедур формування і управління смарт-інфраструктурою [28].

Якщо ISO 37101 відповідає на питання "ЧОМУ?" (визначає стратегічні цілі), то стандарт ISO 37106:2021 надає рекомендації для лідерів міст щодо розробки відкритої, міської смарт-інфраструктури, орієнтованої на громадян та цифрової операційної моделі. Цей стандарт є практичним інструментом для формування стратегії, закладеної в ISO 37101, і слугує дорожньою картою для організаційної трансформації міської інфраструктури, необхідної для ефективного функціонування розумного міста.

Згідно з вказаним стандартом ISO операційна модель розумного міста, яка ґрунтується на функціональних і тех-

нічних можливостях міської смарт-інфраструктури повинна включати такі основні процеси і компоненти: принципи реалізації – основоположні цінності, які мають пронизувати всю діяльність розумного міста, такі як відкритість, орієнтованість на громадянина, співпраця та сталий розвиток; 2) ключові міжміські процеси інформаційних обмінів – цей компонент деталізує конкретні управлінські процеси, необхідні для реалізації стратегії. До найважливіших з них належать: прогнозування розвитку міста, зокрема, процес формування спільного, інклюзивного та довгострокового планування майбутнього міста за участю всіх зацікавлених сторін; лідерство та управління справами міста, що передбачає створення чітких та прозорих механізмів управління, які забезпечують політичну підтримку, координацію між органами місцевого самоврядування та прийняття ефективних рішень; розробка механізмів для систематичного залучення бізнесу, академічних кіл, громадських організацій та громадян до планування та реалізації проєктів місцевого значення; розширення можливостей громади через дані. Перехід до моделі управління на основі широкого, багаторазового використання даних, шляхом впровадження політики відкритих даних та створення інструментів, які дозволяють громадянам використовувати міські дані для власних потреб; надання інтегрованих, орієнтованих на громадян електронних публічних послуг [29].

ISO 37106 фактично ставить перед органами місцевого самоврядування завдання з глибокої організаційної перебудови: створення міжвідомчих команд, впровадження гнучких (agile) методів управління, перехід до дизайну послуг, орієнтованого на користувача. Успіх стратегії розумного міста залежить не стільки від бюджету на технології, скільки від здатності органів місцевого самоврядування здійснити цю складну, але необхідну організаційну трансформацію.

Поряд із наведеними компонентами формування міської смарт-інфраструктури, важливе значення мають індикатори вимірювання оцінки ефективності електронних публічних послуг, рішень з міського планування.

Першим комплексним міжнародним інструментом, розробленим саме для цієї мети є Стандарт ISO 37120:2018 [30].

Цей документ встановлює набір уніфікованих індикаторів для вимірювання ефективності міських послуг та якості життя.

Стандарт містить 104 ключових показники ефективності, які об'єднані у 19 тематичних сферах та поділяються на основні, допоміжні та профільні індикатори. Ця структура дозволяє містам, незалежно від їхнього розміру та розташування, проводити об'єктивну самооцінку та порівнювати себе з іншими населеними пунктами.

ISO 37122 фокусується на індикаторах, які відображають впровадження та використання ІКТ та інноваційних підходів у різних сферах міського господарства. Стандарт містить 81 індикатор у 20 напрямках життєдіяльності міста [31].

Поєднання стандартів ISO 37120 та ISO 37122 в механізмі формування стратегії розвитку смарт-інфраструктури міст створює ефективний інструмент для замкненої моделі на основі багаторівневого управління даними. Ця модель може бути представлена наступним чином:

1. Діагностика. Використовуючи індикатори ISO 37120, місто ідентифікує завдання, які потребують свого вирішення на основі розгортання сучасної смарт-інфраструктури.

2. Впровадження. Місто реалізує смарт-рішення для розв'язання цієї проблеми, наприклад, розгортає інтелектуальну транспортну систему.

3. Оцінка впровадження. За допомогою індикаторів ISO 37122 місто вимірює прогрес у реалізації проєкту, наприклад, «відсоток перехресть, охоплених інтелектуальною системою управління».

4. Оцінка результату. Місто повертається до індикатора з ISO 37120, щоб оцінити, чи призвело впровадження технології до реального покращення якості життя, тобто чи знизився показник «кількість ДТП».

Запровадження такого підходу до формування містами власної стратегії розвитку міської смарт-інфраструктури, дозволяє більш послідовно поєднувати цифрові ініціативи з конкретними потребами жителів і бізнесу, робити акцент на стратегічному плануванні інноваційних перетворень різних напрямів життєдіяльності міста.

У цьому контексті, затвердження постановою Кабінету Міністрів України окремої стратегії розвитку смарт-інфраструктури міст може сприяти систематизації підходів до цифрової трансформації міських громад на основі кращих практик, конкретизованих у міжнародних стандартах.

Водночас враховуючи складність і багатоглибкість проблеми розвитку смарт-інфраструктури міст виходячи з існуючих викликів війни та характеру євроінтеграційних зобов'язань України, прийняття самої стратегії для подолання проблем цифрової трансформації на місцевому рівні може бути недостатньо.

На наш погляд, прийняття Стратегії розвитку смарт-інфраструктури міст повинно передбачати реалізацію таких заходів:

- Прийняття окремого Закону України «Про цифрові операційні платформи міст і громад України». Саме в нормах цього Закону України слід закріпити поняття, види, принципи формування і умови розвитку цифрових операційних платформ міст та громад, закріпити комплекс заходів з проведення інноваційних перетворень на рівні комунальної інфраструктури.

- Затвердження міськими радами програм інформатизації для кожного міста окремо з урахуванням положень національного законодавства у цій сфері правового регулювання, промислового, фінансового, наукового, освітнього, екологічного потенціалу відповідних територіальних громад.

- Запровадження посади заступника міського голови з питань цифрової трансформації, а також утворення при виконавчих комітетах міських рад постійних комісій з питань цифрового розвитку міста.

- Затвердження рішенням міської ради плану заходів з розвитку смарт-інфраструктури міста.

- Використання для створення публічних електронних інформаційних ресурсів, власником яких виступають територіальні громади інформаційної системи «Інформаційна платформа для розгортання і супроводження державних електронних реєстрів» з можливістю масштабувати або створювати вперше електронні інформаційні ресурси місцевого значення, придатні до інтеграції до міської смарт-інфраструктури.

Розумне місто генерує, збирає та обробляє величезні обсяги даних, багато з яких є критично важливими для функціонування міської інфраструктури або містять чутливу персональну інформацію громадян. Кожен сенсор, камера чи підключений пристрій є потенційною точкою вразливості.

У цьому контексті забезпечення кібербезпеки набуває значення невіддільної складової стратегії розвитку смарт-інфраструктури міст.

Побудова цього компонента, повинна ґрунтуватися на вимогах Закону України «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України» від 05.10.2017 року № 1263-VI, зокрема:

- Забезпечувати дотримання принципу верховенства права і утвердження прав людини на всіх стадіях забезпечення кібербезпеки.

Виходити з ризикоорієнтованого підходу при формуванні механізму управління кібер-ризиками.

- Поряд з вимогами національного законодавства, міжнародно визнану методологію забезпечення інформаційної безпеки, зокрема, на рівні формування політики у цій сфері закладає стандарт ISO/IEC 27001:2022. Метою СУІБ є системний захист конфіденційності, цілісності та доступності інформаційних ресурсів [32].

Згаданий стандарт встановлює вимоги до формування механізму забезпечення інформаційної безпеки на основі ризик-орієнтованого підходу. Документом встановлю-

ються обов'язки суб'єктів забезпечення інформаційної безпеки щодо розробки і впровадження в діяльність міста заходів з управління ризиками, моніторингу кіберзагроз та проведення постійних консультацій із зацікавленими суб'єктами. Поряд з цим, стандартом легалізована модель забезпечення інформаційної безпеки, що передбачає поєднання підходів з безпечного проєктування компонентів смарт-інфраструктури та недопущення виникнення інформаційних загроз на стадії використання складових такої інфраструктури.

Для уникнення цифрових загроз необхідно зосереджувати увагу на self hosted-рішеннях, які передбачають або повністю відкритий сирцевий код, або відкриті клієнтські та закриті серверні рішення. Річ у тім, що, як би це парадоксально не звучало, open source із його постійним доопрацюванням спільнотою є більш безпечним, ніж підхід закритого ПЗ, коли про наявність проблеми фактично знають лише розробники. Головним захистом для компонентів цифрової інфраструктури є надійні алгоритми шифрування даних, відповідальна організація відкритих та закритих портів у програмах, а також відповідальний технічний супровід, а не просто закритість системи. Недоступність інформації про начиння для комп'ютерно-освіченого загалу не обезпечує систему від шахраїв, котрі так чи інакше знайдуть способи використати інструменти для прослуховування пакетів (packet sniffing), зворотної інженерії (reverse engineering) та, власне, соціальної інженерії (social engineering) для одержання потрібної інформації.

Таким чином, кібербезпека не є окремим додатком до розвитку смарт-інфраструктури, а її невіддільною складовою. Саме від того, наскільки грамотно вбудовано принципи безпечного проєктування, відкритості коду, надійності алгоритмів шифрування та відповідального адміністрування у всі етапи – від розробки до експлуатації цифрових рішень – залежить довіра громадян до електронних сервісів і стійкість міського цифрового середовища. Формування національної стратегії розвитку смарт-інфраструктури має передбачати баланс між інноваційністю, технологічною автономністю та інформаційною безпекою. Лише за такої умови можливо досягти справжньої цифрової суверенності громад і забезпечити сталий розвиток українських міст у післявоєнний період.

Висновки. Формування стратегії розвитку смарт-інфраструктури міст України є ключовою передумовою сталого післявоєнного відновлення держави та її інтеграції до європейського цифрового простору. Проведене дослідження показало, що цифровізація міського середовища повинна розглядатися не як окремий напрям регіональної політики, а як комплексний механізм модернізації управління територіальними громадами, спрямований на підвищення якості життя населення, прозорість влади, екологічну безпеку та інноваційний розвиток економіки.

Розбудова ефективної смарт-інфраструктури вимагає ухвалення національної Стратегії розвитку смарт-інфраструктури міст, яка б закріпила нормативну, інституційну та фінансову рамку взаємодії між центральними і місцевими органами влади, бізнесом та громадянами. Така стратегія має базуватися на принципах людиноцентричності, кіберстійкості, відкритих даних, інтероперабельності цифрових систем і відповідності міжнародним стандартам ISO (зокрема ISO 37101, ISO 37106, ISO 37120, ISO 37122 та ISO 27001).

Визначено, що пріоритетами державної політики у сфері смарт-інфраструктури мають бути:

- впровадження безпечних та ефективних цифрових сервісів для громадян і бізнесу;
- розвиток інституцій спроможності органів місцевого самоврядування до цифрової трансформації;
- створення муніципальних платформ для інновацій та підтримки стартапів;
- забезпечення кібербезпеки та інформаційної стійкості міських екосистем;
- інтеграція екологічного моніторингу та сталого управління ресурсами у цифрові рішення міст.

Реалізація зазначених завдань передбачає глибоку організаційну трансформацію органів місцевого самоврядування, перехід до моделі управління на основі даних, використання механізмів публічно-приватного партнерства, а також залучення громадськості до процесів планування і прийняття рішень.

Таким чином, формування єдиної національної політики розвитку смарт-інфраструктури міст на основі міжнародних стандартів і європейських практик сприятиме

підвищенню конкурентоспроможності українських міст, їхній цифровій стійкості, енергоефективності та інноваційній привабливості, що є стратегічним чинником відновлення України та її інтеграції до Європейського Союзу.

Ця стаття підготовлена в межах виконання науково-дослідної роботи № 25БП013-01М за темою «Розробка інструментів для розвитку смарт-інфраструктури розумних міст з урахуванням викликів війни та повоєнного відновлення України».

ЛІТЕРАТУРА

1. Pleskach M., Zaiarnyi O., Pleskach V. Respect for Information Rights of a Person as a Condition for Cybersecurity of Smart Cities Residents. 2020 10th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Deggendorf, Germany, 16–18 September 2020. P. 759–764. URL: <https://doi.org/10.1109/acit49673.2020.9208977>.
2. Рішення Про затвердження Рекомендацій слухань у Комітеті Верховної Ради України з питань цифрової трансформації на тему: «Як стимулювати розвиток розумних міст та громад в Україні: законодавчі аспекти». Комітет з питань цифрової трансформації. URL: <https://komit.rada.gov.ua/documents/djialnist9skl/rishenkom9skl/74214.html> (дата звернення: 30.07.2025).
3. World Cities Report 2022: Envisaging the Future of Cities. United Nations Fund for Population Activities, 2023. URL: https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/06/wcr_2022.pdf.
4. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. United Nations General Assembly, 2015. URL: <https://sdgs.un.org/publications/transforming-our-world-2030-agenda-sustainable-development-17981>.
5. Індекс цифрової трансформації регіонів України підсумки 2024 року. Дія.Цифрова громада. URL: <https://hromada.gov.ua/research/index-cifrovoi-transformatsiyi-regioniv-ukrayini-pidsumki-2024-roku> (дата звернення: 05.08.2025).
6. Рейтинг прозорості 2024: як міста впорались із новими викликами? - Transparency International Ukraine. Transparency International Ukraine - Знизити рівень корупції. URL: <https://ti-ukraine.org/research/rejtyng-prozorosti-2024-yak-mista-vporalys-iz-novymy-vyklykamy/> (дата звернення: 30.07.2025).
7. Заярний О., Ніколаєнко Н., Чала О. Аналітична записка з питань порівняльного законодавства щодо реалізації концепції розумного міста в Європейському Союзі, США, Канаді та Південній Кореї. Дослідницька служба Верховної Ради України. URL: <https://research.rada.gov.ua/uploads/documents/32989.pdf>.
8. Новини комітетів - «Смарт інфраструктура для післявоєнного відновлення та розвитку громад та територій» - слухання у Комітеті з питань цифрової трансформації - Офіційний портал Верховної Ради України. Офіційний портал Верховної Ради України. URL: https://www.rada.gov.ua/news/news_kom/239493.html (дата звернення: 30.07.2025).
9. Zaiarnyi O. Legislative support for the implementation of the «Smart City» concept in the European Union and proposals for Ukraine during wartime and post-war recovery. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Legal Studies*. 2024. No. 128. P. 28–32. URL: <https://doi.org/10.17721/1728-2195/2024/2.128-5>.
10. Sahaidak M. Strategic management of smart-city development in Ukraine in the post-war period. *World of Finance*. 2025. No. 4(81). P. 102–114. URL: <https://doi.org/10.35774/sf2024.04.102> (date of access: 06.08.2025).
11. The socio-economic paradigm of «smart infrastructure»: the case of Ukraine / H. Puri et al. *Economic scope*. 2025. No. 200. P. 232–242. URL: <https://doi.org/10.30838/ep.200.232-242>.
12. A Holistic Framework for Smart Cities Governance in the Gulf Region: From Hype to Sustainable Impact / M. D. Lytras et al. *The Emerald Handbook of Smart Cities in the Gulf Region: Innovation, Development, Transformation, and Prosperity for Vision 2040*. 2024. P. 1–12. URL: <https://doi.org/10.1108/978-1-83608-292-720241005>.
13. Samasti M., Cakmak E., Ozpinar A. Strategic classification of smart city strategies in developing countries. *Engineering Science and Technology, an International Journal*. 2025. Vol. 61. P. 101936. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2024.101936>.
14. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide / ed. by W. H. Organization. Geneva: World Health Organization; 2021. 298 p. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
15. Strategizing the relation between urbanization and air pollution: Empirical evidence from global countries / S. Wang et al. *Journal of Cleaner Production*. 2020. Vol. 243. P. 118615. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118615>.
16. Mahajan S., Kumar P. Evaluation of low-cost sensors for quantitative personal exposure monitoring. *Sustainable Cities and Society*. 2020. Vol. 57. P. 102076. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102076>.
17. MediaWiki default. Велика Українська Енциклопедія. URL: <http://vue.gov.ua/> (дата звернення: 13.08.2025).
18. Енциклопедія державного управління : у 8 т. / уклад.: Ю. П. Сурмін та ін.. Київ : НАДУ, 2011. Т. 1. С. 605.
19. Про затвердження Державної стратегії регіонального розвитку на 2021-2027 роки : Постанова Каб. Міністрів України від 05.08.2020 № 695 : станом на 13 берез. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/695-2020-p#Text>.
20. Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року : Указ Президента України від 30.09.2019 № 722/2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text>.
21. Smart Cities in the Digital Age: A Roadmap for Ethical, Inclusive and Sustainable Urban Futures. *Digital Cooperation Organization | Digital Prosperity for all*. URL: <https://dco.org/wp-content/uploads/2025/09/Smart-Cities-in-the-Digital-Age.pdf>.
22. Correia D., Marques J. L., Teixeira L. The State-of-the-Art of Smart Cities in the European Union. *Smart Cities*. 2022. Vol. 5, no. 4. P. 1776–1810. URL: <https://doi.org/10.3390/smartcities5040089>.
23. Tundys B., Wiśniewski T. Smart City and Sustainable Energy—Evidence from the European Union Capital Cities. *Energies*. 2024. Vol. 17, no. 18. P. 4678. URL: <https://doi.org/10.3390/en17184678>.
24. Заярний О. Інформаційно-правові особливості реалізації світових концепцій «розумного» міста на сучасному етапі цифрової трансформації України. *Право України*. 2022. № 2022/08. С. 13. URL: <https://doi.org/10.33498/louu-2022-08-013>.
25. Veloso A., Fonseca F., Ramos R. Insights from Smart City Initiatives for Urban Sustainability and Contemporary Urbanism. *Smart Cities*. 2024. Vol. 7, no. 6. P. 3188–3209. URL: <https://doi.org/10.3390/smartcities7060124>.
26. ISO/IEC 30141:2018. Internet of Things (IoT) - Reference Architecture. Official edition. Geneva : International Organization for Standardization, 2018.
27. ISO/IEC 27001:2022. Information security, cybersecurity and privacy protection - Information security management systems – Requirements. Geneva: International Organization for Standardization, 2022.
28. ISO 37101:2016. Sustainable development in communities - Management system for sustainable development - Requirements with guidance for use. Official edition. Geneva: International Organization for Standardization, 2016.
29. ISO 37106:2021. Sustainable cities and communities - Guidance on establishing smart city operating models for sustainable communities. Official edition. Geneva: International Organization for Standardization, 2021.
30. ISO 37120:2018. Sustainable cities and communities - Indicators for city services and quality of life. Official edition. Geneva: International Organization for Standardization, 2018.
31. ISO 37122:2019. Sustainable cities and communities - Indicators for smart cities. Official edition. Geneva: International Organization for Standardization, 2019.
32. ISO/IEC 27001:2022. Information technology – Security techniques – Information security management systems – Requirements. Official edition. Geneva: International Organization for Standardization, 2022.

Дата першого надходження рукопису до видання: 24.10.2025
 Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 14.11.2025
 Дата публікації: 28.11.2025