

В. І. Шандрюк,
кандидат наук з державного управління, докторант кафедри публічного управління
та адміністрування, Національний авіаційний університет, м. Київ
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9188-8396>

DOI: 10.32702/2306-6814.2024.3.159

СТРАТЕГІЧНІ ПЕРСПЕКТИВИ ТА НАПРЯМИ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ СВІТУ ТА УКРАЇНИ

V. Shandryk,
PhD in Public Administration, Doctoral candidate of the Department
of Public Management and Administration, National Aviation University, Kyiv

STRATEGIC PERSPECTIVES AND DIRECTIONS OF DIGITAL TRANSFORMATION OF THE CONSTRUCTION INDUSTRY OF THE WORLD AND UKRAINE

У статті досліджено чинники середньострокових та віддалених перспектив цифрової трансформації будівельної галузі України. Зазначається, що сучасний етап державного регулювання економіки та її окремих галузей вже окреслено як етап цифрової трансформації. Це етап цифрової економіки, де основним джерелом виробництва товарів та послуг є знання, інформація та засновані на них технології. Обґрунтовано, що подальші перспективи цифрової трансформації будівельної галузі в контексті публічного управління в Україні мають формуватися паралельно у сферах публічного управління та будівництва на чотирьох рівнях: поточному операційному, тактичному, стратегічному та рівні віддаленої перспективи.

Виокремлено й охарактеризовано 10 ключових напрямів подальшої цифрової трансформації будівельної галузі сучасного світу, на які мають орієнтуватися органи публічного управління й адміністрування та суб'єкти будівельної діяльності України: сталий розвиток будівельної галузі на цифровій основі; управління будівництвом за допомогою штучного інтелекту; розгортання на загальнодержавному та регіональному рівнях цифрових будівельних платформ; зелене енергоощадне будівництво; цифровий розвиток людського капіталу; широке використання в будівельних процесах робототехніки та автоматизації; масове зведення "розумних будинків" з функцією Інтернету речей (IoT); упровадження програмного забезпечення SHM з використанням геодезичних дронів та датчиків нового покоління; промисловий 3D-друк будівельних конструкцій; промислове використання наночасток, графену та інших інноваційних будівельних матеріалів.

Зроблено висновок, щодо невідворотності цифрової трансформації будівельної галузі та її переходу до широкого впровадження інноваційних та цифрових технологій і матеріалів в наближеній і стратегічній перспективі, що країни дозволить підвищити конкурентоспроможність будівельної галузі України на внутрішньому та зовнішньому ринках, а також сприятиме економічному та соціальному розвитку країни.

The article examines the factors of medium-term and long-term prospects of the digital transformation of the construction industry of Ukraine. It is noted that the current stage of state regulation of the economy and its individual branches has already been outlined as a stage of digital transformation. This is the stage of the digital economy, where the main source of production of goods and services is knowledge, information and technologies based on them. It is substantiated that further prospects for the digital transformation of the construction industry in the context of public administration in Ukraine should be formed in parallel in the spheres of public administration and construction at four levels: current operational, tactical, strategic, and the level of a distant perspective.

10 key directions of further digital transformation of the construction industry of the modern world, which public management and administration bodies and subjects of construction activity of Ukraine should focus on, have been identified and characterized: sustainable development of the construction industry on a digital basis; construction management using artificial intelligence; deployment of digital construction platforms at the national and regional levels; green energy-saving construction; digital development of human capital; wide use of robotics and automation in construction processes; mass construction of "smart houses" with the function of the Internet of Things (IOT); implementation of SHM software using geodetic drones and new generation sensors; industrial 3D printing of building structures; industrial use of nanoparticles, graphene and other innovative building materials.

A conclusion was made regarding the inevitability of the digital transformation of the construction industry and its transition to the widespread introduction of innovative and digital technologies and materials in the near and strategic perspective, which will allow the country to increase the competitiveness of the construction industry of Ukraine on the domestic and foreign markets, as well as contribute to the economic and social development of the country.

Ключові слова: публічне управління, будівництво, цифровізація будівельної галузі.

Key words: public administration, construction, digitization of the construction industry.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Ми живемо в часи завершення переходу людства до принципово нового промислового укладу епохи інформаційного суспільства, що вже отримав своє визначення як "Індустрія 4.0". Це етап цифрової економіки, де основним джерелом виробництва товарів та послуг є знання, інформація та засновані на них технології. Провідні держави розуміють значення "цифрового стрибка" для зайняття значно кращої конкурентоздатної позиції в новому цифровому світі й докладають чималі зусилля нормативно-правового, інвестиційно-фінансового та політико-управлінського характеру щодо прискорення переходу національних економік до нового індустріального укладу.

Сучасний етап державного регулювання економіки та її окремих галузей вже окреслено як етап цифрової трансформації. Сучасна світова економіка стає все більш цифровою. Цифрові технології швидко проникають у всі сфери життя, включаючи виробництво, управління, торгівлю та споживання. У провідних країнах світу концепція "Індустрія 4.0" та розроблення цифрових технологій є одними з пріоритетних напрямів державної політики та бізнесу [12, с. 1877].

Цифрові технології мають значний потенціал для трансформації будівельної галузі. Вони можуть допомогти підприємствам цієї галузі підвищити свою прибутковість і конкурентоспроможність, а також покращити якість та ефективність проектування, будівництва та експлуатації будівель. Особливо актуальним все це є для сучасної України. Адже війна руйнує наші міста, інфраструктуру, інженерні комунікації — середовище життєдіяльності територіальних громад. Масштаб та обсяги відновлення України після нашої перемоги сьогодні навіть важко уявити, але вже зараз зрозуміло, що цей обсяг неможливо буде "підняти" на старій техніці, старому обладнанні та старих технологіях. Ми вимушені будемо застосовувати інноваційні матеріали, інноваційні технології та інноваційні управлінські, архітектурні, кон-

структорські, технологічні рішення. За таких умов єдиною реальною можливістю нашого подальшого розвитку є розуміння, що "завершення війни стане драйвером відновлення будівництва внаслідок високого рівня руйнації інфраструктури в Україні" [5, с. 194].

Це обумовлює актуальність дослідження середньострокових та віддалених перспектив цифрової трансформації будівельної галузі України, що й становить мету даного дослідження.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Сучасний стан, проблеми та перспективи цифрової трансформації будівельної індустрії активно досліджується в українському науковому дискурсі. Зокрема, в зазначеній сфері плідно працюють такі українські дослідники як: Й. Голик, Д. Кайнц та Д. Вантюх [1], К. Головатюк [2], І. Іртищева та О. Сенкевич [3], Ю. Пинда [4], О. Самолюк [5], А. Сопільняк, А. Титюк та Т. Ярова [6], С. Федоренко, Л. Василенко, С. Палиця та К. Шумбар [7], Д. Чернишов, А. Клочко та С. Теренчук [12] на публікації яких разом із закордонними авторами (Томас Бігальї, Леонор Аларкон, Саймон Аббуд [10], Джефрі Мур [14]) та матеріалах спеціалізованих у сфері цифрової трансформації будівельної галузі інтернет-ресурсів ми й будемо спиратися в даній науковій розвідці.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Сучасність ставить перед будівництвом по всьому світі все більш масштабні та амбітні завдання, потребує впровадження новітніх інноваційних проектів. Їх успіх значною мірою залежить від впровадження інновацій з точки зору технологій, матеріалів, а також управління інвестиціями. Саме тому все більше будівельних компаній обирають цифровізацію процесів проектування та будівництва будівель. Розвиток цивілізації змушує шукати нові будівельні матеріали і технології, які дозво-



Рис. 1. Ключові напрямки вдосконалення публічного управління трансформацією будівельної галузі в Україні

лили б підвищити економічну ефективність будівництва. Все це актуалізує необхідність пришвидшення процесів цифровізації та цифрової трансформації системи публічного врядування України, розробки та прийняття відповідних державних Стратегій та необхідного законодавчого забезпечення, оскільки єдиний такого роду документ в Україні — "Цифрова адженда України — 2020" вже вичерпав свій означений часовий термін реалізації, але у переважній більшості своїх положень так і залишився нездійсненим.

Цифрова трансформація будівельної галузі України є частиною загальнодержавного процесу цифровізації економіки та суспільства. Цифрові технології дозволяють підвищити продуктивність праці, зменшити витрати, покращити якість продукції та послуг, а також забезпечити екологічну безпеку. Перехід до цифрового формату інформації та використання мережевих та цифрових технологій дозволяють людям та машинам у реальному часі збирати, аналізувати та обмінюватися великими обсягами даних про діяльність, продукти та послуги різних компаній [3, с. 14]. Саме в цьому для нашої країни повстають нові можливості, коли за відсутності зруйнованою війною застарілою базою та віджили технології ми зможемо заново створити новітню будівельну індустрію та відбудувати новітню Україну. Тому поряд з традиційними й зрозумілими технологічними управлінськими та будівельно-конструкційними рішеннями необхідно вже зараз вивчати можливості застосування технологій та матеріалів певного майбутнього, при чому деякі з них (як GIS, Autocad, 1D-BIM, 2D-BIM) зможуть увійти в широку будівельну практику вже в найближчі 2—3 роки, а інші (5D-BIM — 7D-BIM, AI, Big Data, IoT тощо) — в найкращому випадку через десятиріччя.

Але, на наше переконання, саме їх усвідомлення, вивчення та поступове впровадження є якраз той шлях, який дозволить українській будівельній індустрії та в цілому українській економіці й українській державі вийти на європейський та світовий рівень конкурентоспроможності.

На нашу думку, ключові напрями цифрової трансформації будівельної галузі в контексті публічного управління в Україні мають формуватися паралельно у сферах публічного управління та будівництва на чотирьох рівнях: поточному операційному, тактичному, стратегічному та рівні віддаленої перспективи (Рис. 1).

В контексті поточного вдосконалення традиційних форм та методів управління й будівельної діяльності в цілому наше основне завдання полягає у збереженні суб'єктів і потужностей будівельної індустрії країни та нормативно-правової й адміністративно-організаційної підготовки широкого впровадження процесів цифрової

трансформації галузі.

В контексті середньострокової перспективи, зазначимо, що ключовим і невідворотним напрямом, безперечно, є власне широкомасштабна цифровізація будівельної галузі в цілому та на рівні як великих, так і середніх та малих будівельних підприємств. Відтак "стратегічні пріоритети розвитку будівельного сектору України повинні орієнтуватися на високотехнологічне будівництво, яке б базувалося на інноваційних принципах енергозбереження, використання альтернативної енергії та екологічності, які практикують розвинуті країни світу та підтверджують окреслену доцільність високими соціально-економічними показниками" [4, с. 13].

Ключовим на даному етапі визначається розвиток та поширення використання BIM-технології на усіх етапах життєвого циклу будівельного проекту. Згідно теорії подолання інноваційного розриву (за авторством визначення — прірви) Джеффри Мура [14], стосовно поширення BIM технології Україна знаходиться в групі більш пізнього поширення (у світовому масштабі). Це не є виключно негативним фактором, оскільки дозволяє користуватися вже набутим досвідом та уникнути критичних помилок, але треба намагатися потрапити до більш передових груп. В середині країни поширення технологій відбудеться за таким самим принципом, який слід враховувати роблячи акцент на інноваторах та компаніях, які готові стати просувачами новітніх технологій в будівельній галузі, зокрема BIM.

BIM-технологія охоплює всі етапи життєвого циклу об'єкта — планування, проектування, будівництва, обслуговування, реконструкції та знесення. Ця модель використовується архітекторами, інженерами та конструкторами для візуалізації, моделювання та аналізу

всього, що буде побудовано пізніше. Таким чином, можна заздалегідь визначити потенційні проблеми з проектуванням, будівництвом або експлуатацією. Крім того, BIM-технологія дає змогу розвитку нових напрямів досліджень та проектування будівель та споруд. BIM технології дають потужне джерело вибору енергоефективних та раціональних архітектурно-конструктивних рішень. Застосування BIM технологій, наприклад, для моделювання сонячних будинків дає змогу запроєктувати будинок з поворотною конструкцією для максимального збирання сонячної енергії протягом світового дня [6, с. 101].

На стратегічному рівні та рівні віддаленої перспективи Україні потрібно здійснити цивілізаційний стрибок у сфері будівництва, як у науці, так і в техніці, з набагато вищим ступенем цифровізації, ніж це досягається, наприклад, шляхом орієнтації на рівень BIM-технології. У світі вже більше десятка принципово нових технологій на стадії переходу від розробки до практичного впровадження, що за останні роки вже спонукало різке зростання інвестицій в ConTech, досягнувши безпрецедентного попиту. Світова будівельна галузь докладає чималих зусиль для завершення цифрової трансформації на основі інноваційних технологій та матеріалів, оптимізації та цифровізації процесів і процедур, що підвищує конкурентоспроможність та стійкість будівельної індустрії. Зокрема, за даними останнього виміру Глобального інноваційного індексу WIPO, у 2022 році фінансування інноваційних будівельних технологій досягло рекордного рівня в \$5,38 млрд [13].

Узагальнюючи сучасні погляди закордонних та вітчизняних науковців, експертів та практиків щодо стратегічних перспектив розвитку будівельної індустрії, вважаємо за необхідне виокремити 10 ключових сфер-направів подальшої цифрової трансформації будівельної галузі сучасного світу, на які мають орієнтуватися органи публічного управління й адміністрування та суб'єкти будівельної діяльності України, які коротко охарактеризуємо далі.

Сталий розвиток будівельної галузі на цифровій основі передбачає перехід до створення інформаційного та методологічного підґрунтя для подальшої еволюції будівельної галузі в рамках більш глобальних концепцій, таких як Industry 4.0, Smart Cities, Digital Twins, що є одним з ключових завдань для розвитку будівельної галузі. Так, згідно з дослідженням Forrester Digital Process Automation Technology Survey, саме сталий розвиток будівельної індустрії на основі прискорення цифрової трансформації стане головним драйвером найближчих років [15].

Управління будівництвом за допомогою штучного інтелекту. Будівельна галузь вже відчула переваги впровадження штучного інтелекту на будівельних майданчиках, зокрема для таких завдань, як кладка цегли та автономне обладнання, яке виконує роботу без необхідності втручання людини. Штучний інтелект, зчитуючи необхідну інформацію з різного роду підключених до мережі датчиків та завантажуючи всю інформацію про будівництво в хмару, окреслює реальне бачення стану будівельних робіт у режимі реального часу, визначає потенційні ризики та прогнозує перспективні шляхи вдосконалення діяльності для інвесторів, підрядників

та замовників, керівництва проектом та за його розпорядженням — безпосередньо до бригадира будівельної бригади на майданчику.

Розгортання на загальнодержавному та регіональному рівнях цифрових будівельних платформ: цифрове управління будівництвом на базі тотального оцифрування та використання хмарних технологій, що пов'язують структури управління, проектний офіс та будівельні майданчики. Цифрові будівельні платформи є успішним прикладом аналізу державної політики. Такі платформи забезпечують співпрацю, синергію та обмін знаннями в будівельному секторі, а також між державним і приватним секторами.

Зелене енергоощадне будівництво: запровадження загальноєвропейської концепції "Зеленого переходу" до екологічної стійкості будівництва через нове покоління норм з енергоефективності. Стратегії "зеленого" будівництва допомагають розвинутим країнам відновити свою економіку шляхом створення нових ринків. Для України цей напрям тільки почався, на його розвиток та успішне впровадження, ймовірно, знадобиться більше десяти років. Цю перспективу не можна ігнорувати, оцінюючи, скільки зусиль потребуватиме післявоєнна відбудова країни" [7]. Тому зелене енергоощадне будівництво визнається одним з ключових напрямів подальшого розвитку будівельної галузі України, оскільки це допомагає зберегти й без того постраждалі від війни природні ресурси нашої країни. Як зазначає К. Я. Головатюк, "очевидно, що в післявоєнний час все відновлюване та нове житло в Україні має відповідати європейським нормам по енергозбереженню і має будуватися масово за нормами "пасивного будинку", які в надзвичайно швидкому темпі мають гармонізуватися з вітчизняними будівельними нормами" [2, с. 291].

Цифровий розвиток людського капіталу. Кваліфіковані робітники будівельної індустрії стають все більш дефіцитними, дорогими та віковими. Відтак підготовка нових кадрів з одночасним розвитком цифрових вмінь та навичок існуючого персоналу будівельних організацій на усіх рівнях має відповідати вимогам інформаційного укладу виробництва. У світі, в якому домінуватиме впровадження цифрових технологій, працівникам знадобиться принципово новий набір навичок, знань і можливостей, який вимагатиме більш частого оновлення. Оскільки середні та вищі навчальні заклади поки що не оснащені для подолання цього розриву в навичках з точки зору технологічного навчання та обсягу, різного роду програми "навчання протягом усього життя людини" для досягнення цифрової грамотності та впровадження нових теоретико-прикладних знань на практиці відіграватимуть ключову роль у супроводі робочої сили будівельних організацій.

Широке використання в будівельних процесах робототехніки та автоматизації. Автоматизація та роботизація в будівництві охоплює широкий спектр тем, від виробництва будівельних матеріалів до складних будівельних систем. На будівельних майданчиках можна зустріти роботів, призначених для кладки цегли, заливання бетонних опалубок, діагностики та інженерних вимірювань, тунельних та землерийних робіт тощо. Робототехніка дозволяє суттєво підвищити якість та швидкість будівельних робіт. Роботи не допускають

людських помилок і здатні безперервно й довготривало стабільно забезпечувати високоякісні результати. Вважається, що приблизно половина всіх можливих будівельних завдань можна автоматизувати. Робототехніка може автоматизувати повторювані та небезпечні завдання, такі як кладка цегли та зварювання. Наприклад, компанія Construction Robotics розробила робота під назвою SAM, який може укласти цеглу в 10 разів швидше, ніж людина [11].

Масове зведення "розумних будинків" з функцією Інтернету речей (IoT) — це концепція пристроїв (сучасні телефони, камери, датчики руху, транспортні засоби та промислове обладнання), які можуть підключатися безпосередньо до Інтернету або інших мереж передачі даних до головного серверу, до програмне забезпечення аналізує поточний стан об'єкту та здійснює оперативне управління усією системою життєвого циклу будівельного об'єкту або ж функціонування "розумного дому". Тенденція переходу до розумних будівель вимагає інтеграції систем автоматизації будівель з ІКТ-системами та іншою інформацією, пов'язаною з будівлею, протягом усього життєвого циклу будівлі. А саме будівництво мікрорайонів та цілих поселень з "розумних будівель" визначається ключовим у побудові міста майбутнього, де "розумні будинки" зможуть послідовно пропонувати розумні послуги, інтегровані з навколишнім містом та його інфраструктурою, внаслідок чого можливості розумного також розширюються до рівня "розумного міста".

Упровадження програмного забезпечення SHM з використанням геодезичних дронів та датчиків нового покоління: комп'ютерні системи, що контролюють стан об'єкту в режимі реального часу та забезпечують новий рівень геоінформаційної точності та поточного моніторингу стану будівель. Аналіз європейської практики свідчить, що серед технологій збору даних датчики є технологією з найвищим рівнем ринкової зрілості і технологічної готовності й 3D-сканування будівельних об'єктів використовується все частіше. Моніторинг стану конструкцій (SHM) за допомогою використання датчиків, систем передачі даних та інтегрованих в середовище 4D—7D BIM є інноваційним етапом еволюції методів діагностики, і сфера його застосування зростає разом з розвитком електроніки, інформатики та матеріалознавства. Світова індустрія такого роду програмного забезпечення для управління будівництвом вже зараз оцінюється в 9,3 мільярда доларів. Очікується, що до 2031 року цей ринок зросте до \$23,9 млрд [10].

Промисловий 3D-друк будівельних конструкцій: принципово нові можливості створення нестандартних деталей, підвищення швидкості зведення будівель та зниження дефіциту робочої сили й витрат на оплату праці. Замість традиційної цегли та будівельного розчину 3D-принтери можуть виливати 3D-бетон та створювати різноманітні інші 3D-об'єкти на принтері. Ця технологія стрімко розвивається, вона вже була успішно випробувана на різних будівельних проектах, включаючи будинки, мости і навіть хмарочоси. 3D-бетон також використовується для створення складних нестандартних деталей і компонентів. Прогнозована динаміка ринку 3D—друку бетоном протягом 2023—2027 років становитиме середній річний приріст понад 65% [9].

Промислове використання наночастинок, графену та інших інноваційних будівельних матеріалів. Будівельна індустрія гостро потребує інноваційних будівельних матеріалів для того, щоб відповідати складним еколого-економічним вимогам нашої сьогодишньої епохи. Як відповідь на виклики часу в різних країнах активно розробляються високопродуктивні та довговічні будівельні матеріали, які зберігають природні ресурси і в той же час підвищують продуктивність, економічність та технологічність будівельних процесів. Зокрема, на часі масове використання високотехнологічних будівельних матеріалів з включенням наночастинок. Як зазначають Й. М. Голик, Д. І. Кайнц, та Д. Е. Вантюх, "впровадження нанотехнологій у будівництво найближчим часом створить справжній бум щодо використання наноматеріалів і вже в 2025 році 50% будівельних матеріалів міститимуть наночастинок [1, с. 99].

Таким чином історичні виклики сучасності підштовхують будівельну галузь до неминучого переосмислення власних стандартів шляхом остаточного визнання існуючих проблем та переходу до використання інноваційних можливостей цифрової епохи.

ВИСНОВКИ

Сучасність ставить перед будівництвом по всьому світі все більш масштабні та амбітні завдання, потребує впровадження новітніх інноваційних проектів. Їх успіх значною мірою залежить від впровадження інновацій з точки зору технологій, матеріалів, а також управління інвестиціями. Саме тому все більше будівельних компаній обирають цифровізацію процесів проектування та будівництва будівель. Розвиток цивілізації змушує шукати нові будівельні матеріали і технології, які дозволили б підвищити економічну ефективність будівництва. Цифрові технології дозволяють автоматизувати процеси, що підвищує ефективність та прозорість будівництва, а також зменшує можливості для корупції, що надасть новій якості споруджуваним будівлям та призведе до зростання рівня довіри громадян до органів державної влади та місцевого самоврядування. Таким чином підводячи підсумок щодо процесів цифрової трансформації будівельної галузі в Україні, можна зробити висновок щодо невідворотності цифрової трансформації будівельної галузі та її переходу до широкого впровадження інноваційних та цифрових технологій і матеріалів в наближеній і стратегічній перспективі, що країни дозволить підвищити конкурентоспроможність будівельної галузі України на внутрішньому та зовнішньому ринках, а також сприятиме економічному та соціальному розвитку країни.

Література:

- Голик Й. М., Кайнц Д. І., Вантюх Д. Е. Різновиди наноматеріалів та можливості їх використання у будівництві. Містобудування та територіальне планування. 2023. Вип. 82. С. 95—113.
- Головатюк К. Я. Невідкладність масового будівництва "пасивних будинків" в Україні. Сучасні проблеми архітектури та містобудування. 2023. Вип. 66. С. 290—299.
- Іртищева І., Сенкевич О. Цифрова трансформація регіонів України: об'єктивна необхідність, принципи

цифрового розвитку та особливості регулювання. Регіональна економіка. 2020. № 1. (95). С. 14—21.

4. Пинда Ю. В. Теоретико-методологічні засади обґрунтування стратегічних пріоритетів і механізмів розвитку будівельного сектору України: автореф. дис. ... д. е. н. : 08.00.03 — Економіка та управління національним господарством. 2019. 40 с.

5. Самолюк О. В. Стан розвитку житлового будівництва в умовах війни. Вісник післядипломної освіти. 2023. Вип. 25(54). С. 191-207.

6. Сопільняк А. М., Титюк А. А., Ярова Т. П. та ін. Новітні технології для сонячних будинків з використанням BIM. Український журнал будівництва та архітектури. 2022. № 3. С. 95—101.

7. Федоренко С. В., Василенко Л. О., Палиця С. В., Шумбар К. В. Еволюція будівельної галузі. Перспективи розвитку зеленого будівництва в Україні. Ефективна економіка. 2023. № 4. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2023_4_30

8. Цифрова адженда України — 2020 ("Цифровий порядок денний" — 2020): Концептуальні засади (версія 1.0). URL : <https://uccr.org.ua/uploads/files/58e78ee3c3922.pdf>

9. 3D Concrete Printing Market Size and Share Analysis: Growth Trends and Forecasts (2024 — 2029). MORDORINTELLIGENCE. URL : <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/3d-concrete-printing-market>

10. Bigagli, T., Alarcon, L. & Abboud, S. The Trends Shaping the Construction Industry in 2020. Plug and Play. 2020. URL: <https://www.pluginandplaytechcenter.com/resources/trends-construction-industry/>

11. Construction Made Simpler and Safer. Construction Robotics. URL : <https://www.construction-robotics.com/sam-2/>

12. Chernyshev D., Klochko A., Terenchuk S., Ternavska V., & Zapryvoda V. Semantic Analysis Models and Methods of the Text Information in the Building Normative Base. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE). 2020. Vol. 9. Issue-6. Pp. 1873—1879.

13. Global Innovation Index 2022. The World Intellectual Property Organization (WIPO). URL : https://www.wipo.int/pressroom/ru/articles/2022/article_0011.html

14. Moore Geoffrey. Crossing the Chasm: Marketing and Selling Disruptive Products to Mainstream Consumers. 3rd edition. New York: HarperCollins, 2014. 288 p.

15. The Results Are In: Insights From Forrester's 2023 Global Digital Process Automation Survey. Forrester Digital. URL : <https://www.forrester.com/blogs/the-results-are-in-insights-from-forrester-2023-global-digital-process-automation-survey/>

References:

1. Golyk, Y., Kaints, D. and Vantyukh, D. (2023), "Varieties of nanomaterials and possibilities of their use in construction", *Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya*, Vol. 82, pp. 95—113.

2. Holovatyuk, K. (2023), "Urgency of mass construction of "passive houses" in Ukraine", *Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvan*, Vol. 66, pp. 290—299.

3. Irtischeva, I. and Sienkovych, O. (2020), "Digital transformation of the regions of Ukraine: objective necessity, principles of digital development and peculiarities of regulation", *Rehional'na ekonomika*, Vol. 1(95), pp. 14—21.

4. Pinda, Yu. (2019), "Theoretical and methodological principles of substantiation of strategic priorities and mechanisms of development of the construction sector of Ukraine", Ph.D. Thesis, Economy and management of the national economy, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine.

5. Samolyuk, O. (2023), "The state of development of housing construction in the conditions of war", *Visnyk pislyadyplomnoyi osvity*, Vol. 25 (54), pp. 191—207.

6. Sopilnyak, A., Tityuk, A., Yarova, T. and others, (2022), "The latest technologies for solar buildings using BIM", *Ukrayins'kyi zhurnal budivnytstva ta arkhitektury*, Vol. 3, pp. 95—101.

7. Fedorenko, S., Vasylenko, L., Palytsia S., and Shumbar, K. (2023), "Evolution of the construction industry. Prospects for the development of green construction in Ukraine", *Efektivna ekonomika*, Vol. 4, available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2023_4_30 (Accessed 30 Dec 2023).

8. Hi-Tech Office Ukraine (2016), "Digital Agenda of Ukraine — 2020 ("Digital Agenda" — 2020): Conceptual framework (version 1.0)", available at: <https://uccr.org.ua/uploads/files/58e78ee3c3922.pdf>. (Accessed 30 Dec 2023).

9. MORDORINTELLIGENCE (2023), "3D Concrete Printing Market Size and Share Analysis: Growth Trends and Forecasts (2024—2029)", available at: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/3d-concrete-printing-market> (Accessed 30 Dec 2023).

10. Bigagli, T., Alarcon, L. and Abboud, S. (2020), "The Trends Shaping the Construction Industry in 2020", *Plug and Play*, available at: <https://www.pluginandplaytechcenter.com/resources/trends-construction-industry/> (Accessed 30 Dec 2023).

11. Construction Robotics (2023), "Construction Made Simpler and Safer", available at: <https://www.construction-robotics.com/sam-2/> (Accessed 30 Dec 2023).

12. Chernyshev, D., Klochko, A., Terenchuk, S., Ternavska V. and Zapryvoda, V. (2020), "Semantic Analysis Models and Methods of the Text Information in the Building Normative Base", *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*, Vol. 9, no 6, Pp. 1873—1879.

13. The World Intellectual Property Organization (WIPO) (2022), "Global Innovation Index", available at: https://www.wipo.int/pressroom/ru/articles/2022/article_0011.html (Accessed 30 Dec 2023).

14. Moore, G. (2014), *Crossing the Chasm: Marketing and Selling Disruptive Products to Mainstream Consumers*, 3rd edition, HarperCollins, New York, US.

15. Forrester Digital (2023), "The Results Are In: Insights From Forrester's 2023 Global Digital Process Automation Survey", available at: <https://www.forrester.com/blogs/the-results-are-in-insights-from-forrester-2023-global-digital-process-automation-> (Accessed 30 Dec 2023).

Стаття надійшла до редакції 21.01.2024 р.