

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-65-2>

УДК 332.012

ЦИФРОВІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ: АНАЛІЗ СТАНУ, ПРОБЛЕМ ТА ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ

DIGITALISATION OF THE CONSTRUCTION INDUSTRY IN UKRAINE: ANALYSIS OF THE STATE, PROBLEMS AND DEVELOPMENT PROSPECTS

Бондаренко Дмитро Валерійович

аспірант,

Науково-дослідний центр індустріальних проблем розвитку

Національної академії наук України

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2445-8521>**Калашнікова Катерина Юріївна**

веб-дизайнер,

Intellias

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4619-9947>**Bondarenko Dmytro**PhD student of the Research Center for Industrial Problems of Development
of the National Academy of Sciences of Ukraine**Kalashnikova Kateryna**

Intellias

У статті визначено, що будівельна галузь займає важливу роль в українській економіці і основним важелем її розвитку є цифровізація. Мета статті полягає у визначенні стану цифровізації будівельної галузі України, та виявленні проблем і перспектив її розвитку. В межах проведеного дослідження: визначено зміст цифровізації будівництва; розглянуто заходи підтримки її розвитку урядами провідних країн світу; досліджено найбільш перспективні цифрові технології; розглянуто концепцію BIM; проаналізовано заходи та програми підтримки розвитку BIM в країнах світу; розглянуто кроки, що здійснюються Урядом України у підтримці розвитку цифровізації, зокрема будівельної галузі; виділено виклики та перешкоди цифровізації будівельної галузі; визначено бар'єри, що стримують впровадження BIM в Україні та чинники, що стимулюють його.

Ключові слова: цифровізація, цифрові технології, будівельна галузь, цифрова трансформація, підприємство, концепція BIM, цифрова культура.

The article determines that the construction industry plays an important role in the Ukrainian economy and will form the basis for the restoration of infrastructure and housing destroyed as a result of the war with Russia. It is proved that the main lever for ensuring the development of the Ukrainian construction industry is digitalisation. The purpose of the article is to determine the state of digitalisation of the construction industry in Ukraine and to identify problems and prospects for its development. The study defines the content of digitalisation of construction and considers the measures to support its development by the governments of the leading countries of the world. It is shown that the digitalisation of construction involves the use of various technologies, and the most promising of them are identified and considered. It is substantiated that BIM (Building Information Modeling) is the basis for the digital transformation of the construction industry. The evolution of the BIM concept is considered, BIM levels (0D – 7D) are allocated, and their features are analysed. Measures and programmes to support the development of BIM in the processes of modern construction, carried out by governments of countries of the world (Great Britain, Germany, etc.), are considered. It is determined that the Ukrainian construction industry currently has a rather low level of digitalisation, and BIM technologies are not yet sufficiently used, but are actively developing. The steps taken by the Government of Ukraine to support the development of digitalisation, in particular in the construction industry, are considered. The challenges and obstacles faced by the digitalisation of the construction industry in Ukraine and other countries are highlighted. The barriers that hinder the introduction of BIM in Ukraine, as well as the factors that stimulate the introduction of BIM, are identified. It is proved that digitalisation is an irreversible

trend in the development of the construction industry worldwide, and the introduction of digital technologies is a lever for increasing the competitiveness and development of the production potential of construction enterprises through optimisation of construction processes and costs, improving the quality and safety of work, and improving project management. Areas for further research include the formation of a mechanism for implementing digital transformation at construction enterprises.

Keywords: digitalisation, digital technologies, construction industry, digital transformation, enterprise, BIM, digital culture.

Постановка проблеми. Будівельна галузь відіграє важливу роль в економіках всіх країн світу, оскільки від стану капітального будівництва в значній мірі залежать подальший розвиток всіх галузей матеріального виробництва країни.

Будівництво належить до базових, фундаментальних і фондоутворюючих галузей. Воно відіграє важливу роль у створенні та розширенні виробництв будь якої спрямованості (шляхом будівництва нових потужностей, реконструкції, модернізації та технічного переозброєння діючих ліній). Розвиток будівельної галузі надає мультиплікаційний ефект для розвитку інших виробництв (будівельних матеріалів і відповідного обладнання, машинобудівної галузі, нафтохімії та багатьом іншим) [1]. Також будівельна галузь відіграє величезну роль у вирішенні соціальних питань населення, створенні добробуту, якісного середовища проживання, впливає на соціально-економічний розвиток територій.

Сьогодні на будівельну галузь України покладено низку життєво важливих завдань. Вона становитиме базис відновлення зруйнованих внаслідок війни з РФ інфраструктури й житлового фонду. Як зазначено в [2], в умовах колосальних за масштабом потреб відбудови України, нагальними стануть технології, що пропонують інноваційні рішення в сфері житлової, промислової та комерційної нерухомості протягом усього її життєвого циклу – проектування, будівництво, управління та експлуатація.

На думку Касич А. та Соколовської К. [3], основним важелем забезпечення розвитку української будівельної галузі є цифровізація, оскільки вона дозволяє скоротити витрати на проектування та зменшити терміни реалізації проекту, допомогти у створенні нових бізнесів та джерел доходів. Також цифрові технології можуть підвищити ефективність і якість будівництва [4]. Це узгоджується з загальними світовими трендами розвитку будівельної галузі, оскільки процеси цифровізації будівництва охопили сьогодні всі країни світу [5; 6].

В цих умовах питання аналізу цифровізації будівельної галузі України, визначення осно-

вних технологій будівництва, що можуть стати драйверами її розвитку, виявлення бар'єрів на шляху підприємств галузі до цифрової трансформації та дієвих стратегії її здійснення, є актуальними, та важливими с теоретичної та практичної точок зору.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивченню різних питань розвитку будівельного сектору, зокрема його цифровізації, присвячено роботи багатьох зарубіжних та українських вчених. Серед них доцільно виділити публікації Bousfield L., Demian P., Eastman Ch., Tokbolat S., Tolman F. P., Van Nederveen G. A., а також Богінської Л., Касич А., Клочко А., Марченко О., Паливоди К., Пінди Ю., Садов'як М., Соколовської К., Хаустової В., Шандріка В. та ін. [1–13].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Враховуючи стрімкий розвиток будівельної галузі та цифрових технологій в світі, нові виклики, що постають перед нею, зокрема в українських реаліях, необхідним є поглиблення досліджень зазначеної проблематики.

Формулювання цілей статті. Мета статті полягає у визначенні стану цифровізації будівельної галузі України, та виявленні проблем і перспектив її розвитку.

Виклад основного матеріалу дослідження. Згідно [7], цифровізація будівництва – це процес переведення всіх процесів у будівництві у цифровий формат і використання сучасних технологій для скорочення термінів та підвищення якості будівництва. Цифровізація будівельної галузі сприяє підвищенню продуктивності, поліпшенню контролю якості, зменшенню кількості помилок і підвищенню безпеки робіт. Крім того, вона здатна допомогти зробити будівництво більш екологічним і стійким [4].

Як зазначають Bousfield L. та ін. [8], переваги переходу до цифровізації будівельної галузі численні. Впровадження цифрової трансформації може сприяти розвитку на різних етапах будівництва, наприклад, вдосконаленню методів обстеження, проектування тощо.

Розуміючи це, уряди провідних країн світу приділяють значну увагу питанню цифровіза-

ції будівельної галузі. Наприклад, впроваджуючи Індустрію 4.0, уряд Великобританії визнав переваги, які може забезпечити цифровізація промисловості, і, як наслідок, ним були розроблені різні урядові програми, такі як: Стратегія будівництва на 2016–2020 роки, Програма «Цифрова Британія» та «Будівництво до 2025 року». Стратегією «Будівництво 2025» передбачено, що до 2030 р. ринок цифрових технологій становитиме 200 млрд фунтів стерлінгів на рік, що призведе до збільшення продуктивності на 15% за умови повсюдного впровадження цифрових технологій. Крім того, уряд створив Центр цифрової забудови Британії (Digital Built Britain), який очолив цифрову трансформацію будівельного сектору у Великій Британії. Digital Built Britain було започатковано Національну програму цифрових двійників (NDTr) разом із Міністерством бізнесу, енергетики та промислової стратегії [8].

Цифровізація будівельної галузі означає запровадження цифрових технологій та інструментів для удосконалення процесів проектування, будівництва та експлуатації будівель і споруд. Вона може включати в себе використання програмного забезпечення для моделювання будівель (BIM), датчиків інтернету речей (IoT), штучного інтелекту (AI), автоматизації процесів та ін. технологій [4]. Отже, цифровізація будівництва передбачає використання різних технологій. Найбільш перспективними серед них є такі (табл. 1).

Окрім основних, наведених в табл. 1 цифрових технологій в будівництві, отримують поширення і цілий ряд інших. Так, 3D-друк, як перспективний у довгостроковому періоді метод зведення будівель, також ґрунтується на цифрових технологіях. Розвивається модульне домобудівництво. Все ширше застосовується принцип DIMC (англ. designing for industrialized methods of construction), в межах якого в проєкт від самого початку закладаються можливості використання елементів (модулів), виготовлених на цифрових фабриках безпосередньо за інформаційною моделлю будівлі [11]. Всі наведені технології працюють загалом для забезпечення ефективного, безпечного, якісного та сталого будівництва. Проте, як було зазначено вище, основою цифрової трансформації будівельної галузі є BIM (англ. Building Information Modeling) [8].

Поняття інформаційного моделювання будівлі було вперше запропоновано професором Технологічного інституту Джорджії Eastman Ch. у 1975 р. в публікації [12].

Термін BIM вперше з'явився у 1992 р. у роботі Van Nederveen G.A. і Tolman F. P. з Нідерландів [13]. Приблизно з 2002 р. концепцію було перейнято розробниками програмного забезпечення і аббревіатура BIM набула широкого розповсюдження в світі [14].

BIM представляє собою комплекс технологій та є наслідком еволюції систем імітаційного моделювання. BIM реалізує комплексний підхід до зведення, оснащення, забезпечення експлуатації та ремонту будівлі, що передбачає збирання та комплексну обробку в процесі проектування всієї архітектурно-конструкторської, технологічної, фінансової та іншої інформації про будівлю з усіма її взаємозв'язками та залежностями. BIM будівлю і все, що до неї відноситься, розглядає як єдиний об'єкт, що проєктується як єдине ціле і зміна будь-якого його параметра тягне за собою автоматичну зміну всіх інших параметрів і об'єктів, креслень, візуалізацій, специфікацій, графіку будівництва на всіх етапах життєвого циклу [14].

Концепція BIM пройшла досить великий шлях розвитку. На цей час різні проєкти можуть бути реалізовані на основі різних рівнів BIM (від 0D до 7D), що спираються на певні набори критеріїв і демонструють різні рівні «зрілості» (табл. 2).

Через важливу роль BIM в процесах розвитку сучасного будівництва, урядами країн світу приділяється значна увага запровадженню технологій інформаційного моделювання. Наприклад, уряд Великої Британії запровадив 2D BIM в якості обов'язкового елемента для всіх робіт у державному секторі ще у квітні 2016 р. Мандат був запроваджений через зростаючу потребу в державній інфраструктурі та витратах, а також у боротьбі з поточним негативним впливом галузі на навколишнє середовище. З моменту введення в дію цього мандату, використання BIM серед учасників будівельного ринку зросло на 8% за наступні три роки. Також це рішення сприяло економії 855 млн фунтів стерлінгів на будівельних проєктах у Великобританії у 2016 р. [8]. Проведене опитування респондентів-представників будівельної галузі Великої Британії показало, що 59% з них відзначили позитивну рентабельність інвестицій у BIM, причому понад 25% зазначили, що впровадження BIM має дуже високу позитивну рентабельність інвестицій [8].

Інші розвинені країни також активно запроваджують ініціативи з використання цифрових технологій у будівництві. Так, наприкінці

Таблиця 1

Перспективні цифрові технології в будівництві

| Технології | Характеристика |
|---|--|
| Інформаційне моделювання будівель (BIM) | BIM є основою цифрової трансформації будівельної галузі. BIM представляє собою метод моделювання будівель та інфраструктури в цифровому вигляді, що охоплює всі їх елементи та характеристики та дозволяє удосконалити процеси та якість проєктування, планування та управління будівництвом. Особливість BIM полягає в тому, що об'єкт будівництва фактично проєктується як єдине ціле, а зміна будь-якого одного з його параметрів автоматично змінює інші параметри та об'єкти, пов'язані з ним. |
| Дрони та безпілотні літальні апарати (БПЛА) | Дрони використовуються у будівельному секторі для протидії виникненню помилок у проєктуванні та суперечок на різних етапах будівництва шляхом збору точних даних у реальному часі з будівельного майданчика і передачі їх для створення більш точних моделей, які постійно оновлюються. Останнім часом дрони все частіше застосовуються у внутрішньому 3D картографуванні споруд, де традиційно їх використання було зосереджено на зовнішньому аерофотозніманні. |
| Технологія блокчейн (Blockchain) | Використання технології блокчейн у будівельній галузі є відносно новою концепцією. Blockchain є технологією, яка дає змогу створювати надійні та захищені бази даних, які не можуть бути змінені або видалені. У будівництві блокчейн реалізується насамперед у вигляді смарт-контрактів, виступаючи в якості «адміністратора» для всіх сторін договору. Використання смарт-контракту на основі блокчейну може потенційно усунути потребу в головному підряднику, оскільки смарт-контракти укладаються безпосередньо між усіма відповідними третіми сторонами, що відбувається через «автономний» елемент. |
| Інтернет речей (IoT) | IoT представляє собою мережеві технології, що дозволяють під'єднувати до мережі різні пристрої та обладнання, використовувани на будмайданчику (різноманітні датчики, камери, пристрої автоматичного керування та ін.). Це дозволяє збирати дані в режимі реального часу і використовувати їх для управління будівництвом. |
| Штучний інтелект (AI) | AI – це сукупність алгоритмів і методів, заснованих на машинному навчанні, що використовуються для автоматизації процесів і прийняття рішень. Основним напрямком використання AI у будівельній галузі є автоматизація проєктування, планування, управління ресурсами та контролю якості. |
| Доповнена та віртуальна реальність (AR/VR) | AR/VR поєднує в себе технології, що використовуються для створення віртуального середовища і проєкції додаткової інформації на реальні об'єкти. У будівельній галузі вони їх використання стосується візуалізації проєктів, навчання персоналу, управління процесами будівництва тощо. |
| Робототехніка (Robotics) | Робототехніка та автоматичні машини використовуються на будівництві для виконання різного кола завдань, таких як різання, зварювання, укладання цегли та ін., що допомагає прискорити процес будівництва, зменшити кількість помилок, підвищити безпеку та якість виконуваних робіт. |
| Хмарні технології (Cloud Computing) | Хмарні технології дозволяють зберігати та обробляти дані на віддалених серверах, а не на окремих локальних комп'ютерах, що суттєво підвищує надійність даних та ефективність обчислень. У будівельній галузі ці технології використовуються для зберігання та обміну даними, спільної роботи над проєктами. |

Джерело: сформовано авторами на основі [4–10]

2015 р. Федеральне міністерство транспорту та цифрової інфраструктури Німеччини створило комісію з реформ «Будівництво великих об'єктів» і запустило ряд політичних проєктів. Із середини 2017 р. транспортні інфра-

структурні проєкти в Німеччині здійснюються переважно за підтримки BIM, і передбачено обов'язкове застосування BIM у федеральних транспортних інфраструктурних проєктах із 2020 р. [18].

Таблиця 2

Рівні BIM та їх характеристика

| Рівень | Характеристика |
|--------|---|
| 0D BIM | 0D BIM означає повну відсутність спільної роботи. На цьому рівні передбачається робота з 2D CAD (англ. Computer-Aided Design, комп'ютерне проектування), кресленнями та/або цифровими відбитками. |
| 1D BIM | 1D BIM передбачає застосування 3D CAD для концептуальної роботи, але 2D – для складання виробничої інформації та іншої документації. На цьому рівні керуються стандартом ISO 1192:2007, а електронний обмін даними здійснюється із загального середовища даних (CDE, англ. Common Data Environment), яким зазвичай керує підрядник. Цей рівень не передбачає особливої співпраці, кожна зацікавлена сторона проекту висвітлює власні дані та керує ними. |
| 2D BIM | 2D BIM передбачає додавання середовища для співпраці. На рівні 2D BIM усі члени команди використовують 3D-моделі CAD, але іноді не в одній моделі. Проте спосіб, у який зацікавлені сторони проекту обмінюються інформацією, відрізняє його від інших рівнів. Інформація про дизайн вбудованого середовища передається через загальний формат файлу, і коли фірми поєднують це зі своїми власними даними, це дозволяє зекономити час та зменшити витрати. |
| 3D BIM | 3D BIM ще більше сприяє співпраці. Він передбачає замість роботи кожного учасника проекту над своєю власною 3D-моделлю, використання єдиної спільної моделі проекту, яка існує в «центральному» середовищі. При цьому кожен має можливість отримати до неї доступ і внести зміни. В цьому випадку йдеться про Open BIM, що означає додавання ще одного рівня захисту від конфліктів та суперечностей, а також більшої цінності проекту на кожному етапі. 3D-моделі вважаються свого роду відправною точкою, вони дають можливість математичного опису просторових зв'язків і дублювання об'єктів. |
| 4D BIM | 4D BIM передбачає внесення нового елемента в інформаційну модель: час. На цьому рівні включається інформація про часові дані планування, що допомагають визначити час, необхідний на кожен етап проекту. |
| 5D BIM | 5D BIM додає до інформаційної моделі оцінки витрат та аналіз бюджету. Цей рівень дозволяє власникам проекту м'ожуть відстежувати та визначати витрати будуть протягом усього життєвого циклу будівлі. |
| 6D BIM | 6D BIM передбачає врахування інформації, необхідної для розрахунку енергоспоживання будівлі до початку її будівництва, задля врахування розробниками та дизайнерами не лише початкових енерговитрат. 6D BIM забезпечує точне прогнозування потреб у споживанні енергії та дає можливість будувати енергоефективні та стійкі будівлі. |
| 7D BIM | 7D BIM додає до інформаційної моделі окрім всіх елементів моделей попередніх рівнів, дані про систему управління інфраструктурою. |

Джерело: узагальнено авторами на основі [15–18]

Нідерланди, Данія, Фінляндія та Норвегія також зобов'язують використовувати BIM для будівельних об'єктів, зокрема тих, що фінансуються з бюджету.

Інші цифрові технології в будівництві також отримують подальшого розвитку, і поштовхом для цього є певні державні ініціативи. Так, дослідження щодо застосування дронів та БПЛА у будівельній галузі Великої Британії були дещо обмежені, проте в результаті прийняття урядом Великої Британії у 2019 р. «Законопроекту про сучасний транспорт» використання дронів/БПЛА у будівництві значно зросло [8]. Загалом останнім часом використання БПЛА та дронів зазнали

значного поширення через підвищення їх технологічності, доступності та точності результатів, що отримуються завдяки ним. Це означає, що застосування цих технологій стає нормою, і вони матимуть широке застосування в різних сферах: безпеки об'єктів, зйомці будівельних майданчиків, відстеження ходу та прогресу у будівництві об'єктів та т. ін.

Українська будівельна галузь наразі має досить низький рівень цифровізації, а BIM-технології застосовуються поки що недостатньо, але активно розвиваються.

Уряд України здійснює певні кроки у підтримці розвитку цифровізації, зокрема будівельної галузі. 17.01.2018 р. Урядом

було схвалено «Концепцію розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018–2020 роки» та затверджено план заходів щодо її реалізації. Концепція передбачала реалізацію ряду заходів щодо: впровадження відповідних стимулів для цифровізації економіки, суспільної та соціальної сфер; усвідомлення наявних викликів та інструментів розвитку цифрових інфраструктур; набуття громадянами цифрових компетенцій; визначення критичних сфер і проєктів цифровізації; розвитку внутрішнього ринку виробництва, використання і споживання цифрових технологій.

Окрему увагу було приділено Урядом цифровій трансформації регіонів. Так, однією з пріоритетних цілей, що визначені в Державній стратегії регіонального розвитку України на 2021–2027 рр. є цифрова трансформація регіонів. Стратегія цифрової трансформації регіонів, розроблена Міністерством розвитку громад та територій України включає такі основні напрями: розвиток електронної інфраструктури та цифровізація процесів міністерства, запуск загальнонаціональних проєктів цифрової трансформації; створення Програми цифрового розвитку регіонів. Також Міністерством розвитку громад та територій України розробляються загальнодержавні проєкти цифрового розвитку у сферах будівництва, регіонального розвитку та житлово-комунального господарства, що мають на меті створення цифрового простору для переведення послуг в онлайн формат. 17.02.2021 р. розпорядженням Кабінету Міністрів України було затверджено розроблену Міністерством розвитку громад та територій України Концепцію впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) в Україні, а також план заходів з її реалізації.

3 липня 2020 р. Міністерством цифрової трансформації та Міністерством розвитку громад та територій за підтримки USAID за проєктом «Прозорість та підзвітність у державному управлінні та послугах/TAPAS» запроваджено запуск першого етапу Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва (далі – ЄДЕССБ) з метою покращення якості надання адміністративних, інших послуг у сфері будівництва, зниження корупційних ризиків під час їх надання, забезпечення публічності надання таких послуг [19].

З 01.12.2022 р. ЄДЕССБ функціонує в режимі «промислової» експлуатації згідно розпорядження Кабінету Міністрів України

№ 565 від 20.05.2020 р. «Про затвердження плану заходів щодо створення та запровадження Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва». Продовжується розвиток інструментів та електронних сервісів в ЄДЕССБ, проте на період дії в Україні правового режиму воєнного стану частина функціоналу є обмеженою [19].

Втім шлях цифровізації будівельної галузі України ще тільки розпочався і потребуватиме багато зусиль та державної підтримки, використання позитивного зарубіжного досвіду зокрема.

Цифровізація будівельної галузі як України, так і інших країн світу стикається з низкою викликів і перешкод. Як зазначається в [8], хоча ідея цифровізації будівельної галузі не є новою, очікувані вигоди від її впровадження мають певні обмеження і часто ігноруються через бар'єри, з якими наразі стикається галузь.

Загалом можна виділити такі виклики та перешкоди цифровізації в будівельній галузі:

- Необхідність інвестування та фінансові ризики, що з цим пов'язані. Впровадження цифрових технологій на підприємствах будівельної галузі вимагає значних інвестицій у купівлю відповідного обладнання, програмного забезпечення та підготовку персоналу. Великі початкові витрати на впровадження цифрових технологій в компанії вважаються однією з вагомих причин недостатнього їх запровадження.

- Відсутність ефективної цифрової стратегії. Якщо немає узгодженої стратегії в усіх сферах бізнесу, впровадження цифрових технологій не буде ефективним. Відсутність цифрової стратегії є одним з найбільших бар'єрів для цифровізації підприємств галузі на початкових етапах їх розвитку, оскільки вони не можуть компетентно оцінити свої стратегічні впливи.

- Брак цифрових компетенцій і знань. Впровадження нових технологій вимагає кваліфікованих фахівців, яких може не вистачати. В Україні, де цифрові технології в будівництві тільки розвиваються, наразі існує гостра нестача кваліфікованих кадрів для роботи з новітніми цифровими рішеннями, зокрема з BIM.

- Недостатня інноваційна культура. Цифрова трансформація компанії може відбутися лише за умови внесення як цифрових, так і культурних змін до бізнес-моделі. Проблема інноваційної (цифрової) культури є дуже важливим фактором, що визначає

готовність та сприйняття персоналом компанії цифрових новацій, а, отже, і загальний успіх цифрової трансформації.

– Тривалість перебудови виробничих і бізнес-процесів. Зазначена проблема в Україні ускладнюється відсутністю чіткого розуміння економічних ефектів як на короткостроковому горизонті планування, так і в більш тривалому (через брак досвіду та достатньої інформації про успішні трансформації).

– Проблеми сумісності. Різні цифрові технології можуть мати різні формати даних, що ускладнює сумісність їх використання на різних етапах проєкту.

– Недоліки стандартизації. У будівельній галузі не існує єдиної системи стандартизації для використання цифрових технологій, що може ускладнювати сумісність і обмін інформацією між учасниками проєкту. Складність поєднання інформаційних моделей, створених кількома командами за допомогою різних програмних інструментів частково вирішується в рамках концепції OpenBIM, що передбачає взаємодію великих команд без прив'язки до конкретного програмного забезпечення.

– Різний рівень цифрової зрілості великих будівельних компаній і малих та середніх підприємств, які виступають субпідрядниками.

– Відсутність підтримуючих урядових ініціатив [4; 8; 11].

Впровадження BIM в Україні додатково стикається з рядом бар'єрів, серед яких:

– висока вартість програмних комплексів BIM порівняно із вартістю проєктних послуг;

– рентабельність переважно для великих, типових або закордонних проєктів;

– нерегульованість нормативної бази щодо статусу інформаційного моделювання та його впровадження у процес будівництва на всіх етапах;

– недосконале законодавство, яке допускає виробництво конструкцій некваліфікованими учасниками;

– невизначеність розподілу відповідальності та права інтелектуальної власності;

– неготовність інвесторів вкладати додаткові кошти у інформаційні моделі, що можуть бути використані не тільки при будівництві, але і при експлуатації об'єктів;

– інерційність та традиційність будівельної галузі, недостатнє розуміння переваг BIM і неготовність виконавців проєктування;

– асиметричність ризиків та винагород у будівництві;

– відсутність стандартизованих бізнес- та контракт моделей у будівництві, до яких міг би бути прив'язаний наскрізний процес BIM [14].

Існує і цілий ряд чинників, що стимулюють впровадження BIM в Україні та робить цей процес незворотнім. Серед них: орієнтація на зарубіжний досвід і вимоги до якості проєктування та будівництва, зовнішні західні ринки тощо; імплементація європейських будівельних норм; зростання вартості енергоносіїв, що змушує девелоперів та власників переходити на технології BIM, будівництва та експлуатації з високим рівнем прогнозування та контролю; впровадження енергоощадних програм та реформ, що спонукає державу виступати ефективним ощадним власником; залучення та освоєння закордонних інвестицій та програм вимагатиме дотримання відповідних стандартів проєктування та будівництва, а також дієвого контролю за виконанням проєктів і використання коштів [14].

В цілому, BIM отримує своє визнання серед українських проєктантів та забудовників. Згідно з проведеними опитуваннями, понад 60% українських організацій будівельної сфери відзначають серед основних ефектів від впровадження BIM поліпшене розуміння проєкту всіма учасниками, вищу якість проєкту, доступність інформації, швидке передавання даних і обмін інформацією. У 81% опитаних організацій ефект від використання BIM, реально отриманий під час роботи з проєктами, перевершив їх очікування [11].

Висновки. Отже, цифровізація сьогодні є незворотнім трендом розвитку будівельної галузі в усьому світі. Впровадження цифрових технологій є важелем підвищення конкурентоспроможності та розвитку виробничого потенціалу будівельних підприємств через оптимізацію процесів будівництва та витрат на нього, поліпшення якості і безпеки робіт, удосконалення управління проєктами.

Запровадження цифрових технологій в будівельних компаніях є, безумовно, процесом складним, який стикатиметься з цілим рядом викликів, тому дуже важливим є вироблення виваженого підходу до цифрової трансформації, що враховуватиме потреби компанії, її цифрову зрілість та цифрову культуру, правильно вибрані цифрові технології, здатні досягти поставлених цілей, фінансове та часове планування зазначеного процесу.

Напрямки подальших досліджень полягають у формуванні механізму запровадження цифрової трансформації на підприємствах будівельної галузі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Богінська Л.О. Стан та перспективи розвитку будівельної галузі України. *Економічні студії*. 2018. № 2 (20). С. 22–28. URL: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/533556.pdf>
2. Цифровізація будівельної галузі. URL: <https://cases.media/en/article/cifrovizaciya-budivelnoyi-galuzi>
3. Касич А. О., Соколовська К. В. Перспективи цифровізації діяльності підприємств будівельної галузі. Наукові дослідження: парадигма інноваційного розвитку: тези доповідей XII Міжнародної конференції (Прага, Чехія, «28» вересня 2022 року). URL: https://www.inter-nauka.com/uploads/public/1665408959_9717.pdf
4. Цифровізація будівельної галузі. URL: <https://dedalsoft.com.ua/blog/tsifrovizatsiya-budivelnoi-galuzi>
5. Khaustova V., Ilyash O., Smoliar L., Bondarenko D. Digitalization and Its Impact on the Development of Society. In M. Sobczak-Michalowska, S. Borah, Z. Polkowski, S. Mishra (Eds.), *Applications of Synthetic High Dimensional Data* (pp. 54–76). IGI Global, 2024. DOI: 10.4018/979-8-3693-1886-7.ch00
6. Хаустова В. Є., Крячко Є.М., Бондаренко Д.В. Моделювання впливу факторів цифровізації на економічний розвиток країн світу. *Проблеми економіки*. 2024. № 2 (60). С. 61–73. DOI: 10.32983/2222-0712-2024-2-61-73
7. Марченко О., Коляденко Р. Цифрова трансформація будівельного бізнесу: тенденції та перспективи. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2023. №4(04). С. 20–26. DOI: 10.32782/dees.4-4
8. Bousfield L., Tokbolat S., Demian P. Evaluating the current state of digitalisation of the UK construction industry. In *Data-Centric Structural Health Monitoring: Mechanical, Aerospace and Complex Infrastructure Systems*. Ed. by Mohammad Noori, Fuh-Gwo Yuan and Ehsan Norooznejad Farsangi, Berlin, Boston: De Gruyter, 2023. P. 237–258. DOI: 10.1515/9783110791426-011
9. Шандрік В. І. Трансформація публічного управління будівельною галуззю на засадах цифровізації: європейський та український досвід. Реферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора наук з державного управління, спец. 25.00.02 – механізми державного управління, Київ, 2024.
10. Клочко А. А. Цифрові технології в галузі архітектури і будівництва. *Управління розвитком складних систем*. 2021. № 48. С. 61–68. DOI: 10.32347/2412-9933.2021.48.61-68.
11. Садовяк М. Б., Мазник Ю. І., Секретар І. В., Старецький А. О., Волос М. В. Цифровізація як фактор інтенсивного розвитку виробничого потенціалу підприємств будівельної індустрії. *Академічні візії*. 2024. Вип. 28. DOI: 10.5281/zenodo.10667332
12. Eastman Ch. M. The Use of Computers Instead of Drawings in Building Design. January, 1975. URL: https://www.researchgate.net/publication/234643558_The_Use_of_Computers_Instead_of_Drawings_in_Building_Design
13. Van Nederveen G. A., Tolman F. P. Modelling Multiple Views on Buildings. *Automation in Construction*. 1992. № 1. P. 215–224. DOI:10.1016/0926-5805(92)90014-B
14. BIM-технології: поняття, історія розвитку, перспективи. URL: https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/779160/mod_resource/content/1/%D0%A2%D0%B5%D0%BC%D0%B0%203.pdf
15. Трач Р. В. Інформаційне моделювання в будівництві (BIM): сутність, етапи становлення та перспективи розвитку. *Економіка та управління підприємствами*. 2017. Вип. 16. С. 490–495. URL: <http://global-national.in.ua/archive/16-2017/99.pdf>
16. Грицеляк Р. Концепція інформаційного моделювання будівель - "BIM". URL: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/39146/2/MNTK_2022_Grytseliak_R-The_conception_of_building_176-178.pdf
17. Касьянов В. В. Дослідницькі методи та сучасні технології геодезії : конспект лекцій для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій. Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. 115 с.
18. Інноваційне й ефективне планування та експлуатування з Wilo. URL: <https://wilo.com/ua/uk/Solutions-Finder/%D0%86%D0%BD%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8/BIM-CAD-%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3/>
19. Блінова Г.О. Впровадження єдиної державної електронної системи у сфері будівництва як етап модернізації електронного урядування в Україні. В монографії «Стратегія сучасного розвитку України: синтез правових, освітніх та економічних механізмів», Чернівці : ГО «Науково-освітній інноваційний центр суспільних трансформацій», 2022. С. 85–100. DOI: 10.54929/monograph-12-2022-02-02

REFERENCES:

1. Boginska L. O. (2018) Stan ta perspektyvy rozvytku budivelnoi haluzi Ukrainy [State and prospects of development of the construction industry of Ukraine]. *Ekonomichni studiyi*, no. 2(20), pp. 22–28.
2. Cases Media. C Tsyfrovizatsiia budivelnoi haluzi [Digitalisation of the construction industry]. Available at: <https://cases.media/en/article/cifrovizaciya-budivelnoyi-galuzi> (accessed May 4, 2024)
3. Kasich A. O., Sokolovska K. V. (2022) Perspektyvy tsyfrovizatsii diialnosti pidpriemstv budivelnoi haluzi [Prospects for digitalisation of the activities of construction industry enterprises]. XII Mizhnarodna naukova kon-

ferencija Naukovi doslidzhennia: paradyhma innovatsiinoho rozvytku [Conference Proceedings of the XII International Scientific Conference Scientific research: the paradigm of innovative development], Prague, Czech Republic. Available at: <https://www.inter-nauka.com/uploads/public/16654089599717.pdf> (accessed May 14, 2024)

4. DedalSoft. Tsyfrovizatsiia budivelnoi haluzi [Digitalisation of the construction industry]. Available at: <https://dedalsoft.com.ua/blog/tsifrovizatsiya-budivelnoi-galuzi> (accessed May 10, 2024)

5. Khaustova V., Ilyash O., Smoliar L., Bondarenko D. (2024) Digitalization and Its Impact on the Development of Society. In *Applications of Synthetic High Dimensional Data*, IGI Global. DOI: 10.4018/979-8-3693-1886-7.ch00.

6. Khaustova V. Y., Kriachko Y. M., Bondarenko D.V. (2024) Modeliuvannia vplyvu faktoriv tsyfrovizatsii na ekonomichnyi rozvytok krain svitu [Modelling the impact of digitalisation factors on the economic development of the world's countries]. *The Problems of Economy*, no. 2(60), pp. 61–73. DOI: 10.32983/2222-0712-2024-2-61-73.

7. Marchenko O., Kolyadenko R. (2023) Tsyfrova transformatsiia budivelnoho biznesu: tendentsii ta perspektyvy [Digital transformation of the construction business: trends and prospects]. *Tsyfrova ekonomika ta ekonomichna bezpeka*, no. 4(04), pp. 20–26. DOI: 10.32782/dees.4-4

8. Bousfield L., Tokbolat S., Demian P. (2023) Evaluating the current state of digitalisation of the UK construction industry. In *Data-Centric Structural Health Monitoring: Mechanical, Aerospace and Complex Infrastructure Systems*, De Gruyter, Berlin, Boston, Germany, US, pp. 237–258. DOI: 10.1515/9783110791426-011

9. Shandrik V. I. (2024) Transformatsiia publicnoho upravlinnia budivelnoiu haluzziu na zasadakh tsyfrovizatsii: yevropeyskyi ta ukraïnskyi dosvid [Transformation of public administration of the construction industry on the basis of digitalisation: European and Ukrainian experience]. Abstract of Ph.D. dissertation, Public administration mechanisms, National Aviation University, Kyiv, Ukraine.

10. Klochko A. A. (2021) Tsyfrovi tekhnolohii v haluzi arkhitektury i budivnytstva [Digital technologies in the field of architecture and construction]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*, no. 48, pp. 61–68. DOI: 10.32347/2412-9933.2021.48.61-68

11. Sadoviyak M. B., Maznyk Y. I., Secretary I. V., Staretskyi A. O., Volos M. V. (2024) Tsyfrovizatsiia yak faktor intensyvnoho rozvytku vyrobnychoho potentsialu pidpriemstv budivelnoi industrii [Digitalisation as a factor of intensive development of the production potential of construction industry enterprises]. *Academic visions*, no. 28. DOI: 10.5281/zenodo.10667332

12. Eastman Ch. M. (1975) The Use of Computers Instead of Drawings in Building Design. Available at: https://www.researchgate.net/publication/234643558_The_Use_of_Computers_Instead_of_Drawings_in_Building_Design (accessed May 17, 2024)

13. Van Nederveen G.A., Tolman F.P. (1992) Modelling Multiple Views on Buildings. *Automation in Construction*, no. 1, pp. 215–224. DOI: 10.1016/0926-5805(92)90014-B

14. Electronic learning support system for ZNU. BIM-tekhnohii: poniattia, istoriia rozvytku, perspektyvy [BIM technologies: concept, history of development, prospects]. Available at: https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/779160/mod_resource/content/1/%D0%A2%D0%B5%D0%BC%D0%B0%203.pdf (accessed May 11, 2024)

15. Trach R. V. (2017) Informatsiine modeliuvannia v budivnytstvi (BIM): sutnist, etapy stanovlennia ta perspektyvy rozvytku [Information modelling in construction (BIM): essence, stages of formation and prospects for development]. *Ekonomika ta upravlinnia pidpriemstvamy*, no. 16, pp. 490–495.

16. Gritselyak R. (2022) Kontseptsiiia informatsiinoho modeliuvannia budivel – "BIM" [The concept of information modelling of buildings – BIM]. Available at: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/39146/2/MNTK_2022_Grytseliak_R-The_conception_of_building_176-178.pdf (accessed May 3, 2024)

17. Kasyanov V. V. (2022) Doslidnytski metody ta suchasni tekhnolohii heodezii: konspekt lektsii dlia zdobuvachiv tretoho (osvitno-naukovoho) rivnia vyshchoi osvity zi spetsialnosti 193 – Heodeziiia ta zemleustrii [Research methods and modern technologies of geodesy: lecture notes for applicants for the third (educational and scientific) level of higher education in speciality Geodesy and land management], Kharkiv National University of Municipal Economy named after O.M. Beketov, Kharkiv, Ukraine.

18. Wilo. Innovatsiine y efektyvne planuvannia ta ekspluatuvannia z Wilo [Innovative and efficient planning and operation with Wilo]. Available at: <https://wilo.com/ua/uk/Solutions-Finder/%D0%86%D0%B-D%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8/BIM-CAD-%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3/> (accessed 7 May 2024)

19. Blinova H. O. (2022) Vprovadzhennia yedynoi derzhavnoi elektronnoi systemy u sferi budivnytstva yak etap modernizatsii elektronnoho uriaduvannia v Ukraini [Implementation of the Unified State Electronic System in the Construction Sector as a Stage of Modernisation of E-Governance in Ukraine]. In *monograph "Stratehiia suchasnoho rozvytku Ukrainy: syntez pravovykh, osvitykh ta ekonomichnykh mekhanizmiv"* [Ukraine's modern development strategy: a synthesis of legal, educational and economic mechanisms], NGO Scientific and Educational Innovation Centre for Social Transformations, Chernihiv, Ukraine. DOI: 10.54929/monograph-12-2022-02-02