

*В. В. Титок,
к. е. н., доцент, доцент кафедри економіки будівництва,
Київський національний університет будівництва і архітектури,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9527-3006>
Ю. В. Сиволап,
аспірант кафедри економіки будівництва,
Київський національний університет будівництва і архітектури,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3098-1423>*

DOI: 10.32702/2306-6814.2024.6.170

ЕКОНОМІЧНІ ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ BIM-ТЕХНОЛОГІЙ У БУДІВЕЛЬНІЙ СФЕРІ

V. Tytok,
PhD in Economics, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Construction Economics, Kyiv National University of Construction and Architecture
Y. Syvolap,
Postgraduate of the Department of Construction Economics, Kyiv National University of Construction and Architecture

ECONOMIC BENEFITS OF USING BIM TECHNOLOGIES IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

Одним із ключових трендів міжнародної будівельної сфери є впровадження технологій інформаційного моделювання (BIM-технологій). Зараз рівень поширеності технологій інформаційного моделювання в Україні суттєво нижчий, ніж у країнах, що є лідерами із застосування BIM-технологій. Метою статті є систематизація та уточнення економічних переваг, які досягаються шляхом використання та впровадження BIM-технологій у будівельну сферу на підставі аналізу міжнародного та українського досвіду. Розглянуто ключові особливості міжнародного досвіду у застосуванні технологій інформаційного моделювання, виокремлено економічні переваги BIM-технологій на різних етапах життєвого циклу проєкту. У статті досліджено особливості українського досвіду в напрямку реалізації BIM-технологій в будівництві, виявлено джерела проблем впровадження технологій даних у практиці українських компаній, а також сформульовано основні економічні чинники, що впливають на поширення цих технологій. Показано якісні та кількісні економічні вигоди для будівельних компаній від впровадження BIM-технологій та зроблено висновки щодо перспектив розвитку технологій інформаційного моделювання. Наголошено, що BIM-технології не тільки дозволяють отримати додаткову інформацію про об'єкт, але й допомагають прийняттю рішень на всіх стадіях його життєвого циклу, починаючи з формування концепції до ліквідації. Констатовано, що BIM приваблює увагу інвесторів та розробників і виступають як інструмент, що дозволяє скоротити тимчасові та фінансові витрати шляхом автоматизації рутинних операцій, і як інструмент спостереження за процесами проєктування та будівництва об'єкта в режимі реального часу, що допомагає швидко реагувати та вносити в проєкт необхідні зміни та покращувати якість. Зазначено, що впровадження BIM-технологій у проєктуванні знижує грошові витрати та скорочує терміни введення будівлі в експлуатацію, що позитивно впливає на економічну складову будівництва, а також принесе значну економічну вигоду для розвитку будівельної сфери в Україні.

One of the key trends in the international construction industry is the introduction of information modeling technologies (BIM technologies). Currently, the prevalence of information modeling technologies in Ukraine is significantly lower than in countries that are leaders in the use of BIM technologies. The purpose of the article is to systematize and clarify the economic benefits achieved through the use and implementation of BIM technologies in the construction sector based on the analysis of international and Ukrainian experience. The key features of international experience in the application of information modeling technologies are considered, and the economic benefits of BIM technologies at different stages of the project life cycle are highlighted. The article examines the peculiarities of the Ukrainian experience in implementing BIM technologies in construction, identifies the sources of problems with the implementation of data technologies in the practice of Ukrainian companies, and formulates the main economic factors that affect the spread of these technologies. The article shows qualitative and quantitative economic benefits for construction companies from the introduction of BIM technologies and draws conclusions about the prospects for the development of information modeling technologies. It is emphasized that BIM technologies not only provide additional information about an object, but also help to make decisions at all stages of its life cycle, from conceptualization to liquidation. It is stated that BIM attracts the attention of investors and developers and acts as a tool to reduce time and financial costs by automating routine operations, and as a tool for monitoring the design and construction processes of an object in real time, which helps to quickly respond and make the necessary changes to the project and improve quality. It is noted that the introduction of BIM technologies in design reduces cash costs and shortens the time for putting a building into operation, which has a positive impact on the economic component of construction, and will also bring significant economic benefits to the development of the construction sector in Ukraine.

Ключові слова: BIM-технології, будівельна сфера, економічні переваги, технології інформаційного моделювання, будівництво.

Key words: BIM technologies, construction industry, economic benefits, information modeling technologies, construction.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Процес цифрової трансформації бізнесу зараз активно розвивається абсолютно у всіх сферах, у тому числі й у будівництві. Цей процес може не тільки стосуватися змін продукції, яку виробляє компанія, але й вимагати повноцінного реінжинірингу внутрішніх процесів компанії через використання спеціалізованих цифрових товарів. У будівельній сфері однією з ключових технологій у рамках цифрової трансформації галузі є запровадження технологій інформаційного моделювання (BIM-технологій). Ці технології надають нові можливості у сфері управління проектами. BIM (Building Information Modeling) — це комплекс заходів та робіт з управління життєвим циклом будівлі, починаючи від проекту та закінчуючи демонтажем. BIM-технології застосовуються на стадіях проектування, будівництва, експлуатації, а також ремонту будівлі, так і інших споруд.

У широкий ужиток цей термін увійшов лише у 2002 році та почав використовуватись для назви цифрового представлення будівельного процесу. Родоначальниками

сучасних BIM-програм були програми RUCAPS, Sonata та Reflex, ArchiCAD. На сьогодні важливими учасниками світового ринку інформаційного моделювання будівель є Autodesk, Bentley Systems, Dassault Systemes, AECOM, Asite Solutions, Beck Technology, Nemetschek, Pentagon Solutions, Trimble Navigation, Synchro Software.

BIM-технології у закордонній практиці допомагають не лише створювати нові будівлі, а також успішно проводити роботи з реконструкції об'єктів. Так, наприклад, після пожежі Собору Паризької Богоматері у 2019 році, на підставі наявних знімків та даних, проєктувальникам вдалося створити точну копію Собору для подальшого відновлення всього за кілька тижнів, в той час, як на формування традиційної документації, за оцінками експертів, пішло б значно більше часу. Враховуючи, що подібний об'єкт є дуже складним для зведення, саме BIM-модель дозволяє проєктувальникам сформувати якісну документацію для уникнення всіх просторових колізій. Розрахунки вартості реконструкції та роботи з відновлення об'єкта будуть також вестися з використанням BIM-технологій.

У більшості розвинених країн світу вже активно застосовуються BIM-технології при проєктуванні об'єктів будівництва. Наприклад, за допомогою BIM-технологій зведені Шанхайська вежа, Олімпійський стадіон у Баку, сучасний стамбульський аеропорт. Водночас використання BIM-технологій є обов'язковим для об'єктів держзамовлення.

Українська будівельна сфера зараз має не дуже високий рівень цифровізації, а BIM-технології досі застосовували у своїй діяльності не всі будівельні компанії. Впровадження BIM-технологій дозволить максимально ефективно використовувати кошти під час будівництва, а отже — збільшити кількість збудованих та реконструйованих об'єктів. Також це полегшить ухвалення управлінських рішень, зробить більш прозорою реалізацію проєктів будівництва.

У 2023 році багато компаній, що спеціалізуються на BIM-технологіях, почали запускати продукти, щоб розширити географічну присутність та оновити технології. На сьогодні серед важливих учасників на ринку BIM-технологій виділяються: Autodesk Inc., AVEVA Group, Bentley Systems, Hexagon AB, NEMETSCHEK, Oracle Corporation, Procore Technologies, Inc., Trimble, Inc., Vectorworks, Inc. та Vizerra SA.

За оцінками ООН, до 2050 року населення Землі досягне 9,8 мільярда осіб, і для того, щоб задовольнити потреби у житлі та сталому розвитку в умовах швидкого зростання населення, впровадження програмного забезпечення BIM підвищить ефективність будівельних процесів та дасть можливість збирати важливі дані у процесі будівництва. Технології інформаційного моделювання дозволяють абсолютно по-новому побачити усталені консервативні процеси всередині будівельної сфери та відкрити нові можливості для її учасників, як у напрямку підвищення якості кінцевого продукту, так і у напрямку оптимізації та реструктуризації витрат на зведення об'єктів.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Ідея BIM-моделювання бере свій початок із 1970-х років. Словосполучення "будівельна модель" вперше згадав у 1985 році Саймон Раффл, а згодом Роберт Айш — розробник програмного забезпечення, яке використовувалося для реконструкції аеропорту Хітроу. Поняття "інформаційна модель будівлі" було вперше згадано у нинішньому значенні у статті "Modelling multiple views on buildings" Г. А. ван Недервіна та Ф. П. Толмана [1].

Серед провідних українських науковців, що проводили дослідження щодо питань підвищення економічної діяльності підприємств з використанням BIM-технологій слід зазначити таких як: Лук'янова Т. (Lukianova, T.) [2], Левченко О., Михайленко А. [3], Чернишев Д., Київська К. [4], Терентьев О. [5], Кулеба М. [6], та інші.

Окремі дослідження присвячені технологічним особливостям використання окремих BIM-додатків як інструменту BIM-проєктування в дослідженнях Шпагіна В. Стверджується, що рішення про створення програми для BIM під силу тільки провідним світовим розробникам програмних продуктів для будівельної сфери, таким як Autodesk, Nemetschek і Trimble. Аналіз ви-

користання спеціалізованих інструментів поки що не дозволяє повноцінно використовувати єдину платформу і потребує обміну інформацією [7].

Є також приклади екстреного використання BIM, як от дослідження Кравченка А. та Григоренка М. "Інформаційне моделювання будівель (BIM) компонентів коксохімічних заводів у проєктах Гіпрококс" Гіпрококс, Харків, Україна [8]. Тобто системна складова BIM як теорія координації компонентів і процесів дозволяє використовувати загальні технологічні принципи для багатьох технологічних рішень, пов'язаних з будівництвом.

Загальна мета оптимізації галузі спрямована на налагодження інформаційного забезпечення всіх процесів та етапів як проєктування, так і будівництва; велика увага приділяється питанням економіки та сталого будівництва в суспільстві. Суть цього напряму викладено Месарошем П., Сметанковою Я. та Крайниковою К. у статті "Proceedings of advances in resource-saving technology and materials in civil and environmental engineering (CEE 2019)" [9].

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Метою статті є систематизація та уточнення економічних переваг, які досягаються шляхом використання та впровадження BIM-технологій у будівельну сферу на підставі аналізу міжнародного та українського досвіду.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Сам термін BIM з'явився приблизно у 2000-х роках. З випуском основних додатків це поняття міцно закріпилося у професійній термінології. Проте на той момент BIM використовувався швидше в маркетингових цілях і за фактом не використовувалися можливості, які відкриває BIM перед компаніями. Наприкінці 2000-х — на початку 2010-х аспект використання BIM змістився на використання 3D-моделювання та стадії проєктування, що дозволяло отримувати користь у вигляді підвищення якості проєктування та зниження комунікаційних бар'єрів. Найбільш розвинутими країнами за рівнем розвитку BIM-технологій є Великобританія та США, також країни ЄС та Сінгапур. Ці країни найбільш активно розвивають застосування BIM-технологій і вже досягли суттєвих успіхів як за часткою компаній, які застосовують BIM-технології, так і за отримуваним ефектом від їх використання.

На сьогодні BIM, як показало дослідження Plan-Radar, у Європі використовується переважно як інструмент проєктування. BIM вважається галузевим еталоном у проєктуванні, 88% архітекторів та дизайнерів підтверджують його безперечну вигоду. BIM — це повний реінжиніринг всіх процесів будівництва з їхньою прив'язкою безпосередньо до моделі будівлі. Для BIM-моделі можуть бути підтримані такі процеси підприємства, як:

1. Проєктування будівлі.
2. Інженерний документообіг.
3. Планування графіка будівництва та проведення планово-фактичного аналізу виконаних робіт.
4. Бюджетування будівництва.
5. Закупівлі та логістика матеріалів.
6. Звітність для вищого керівництва.
7. Подальша експлуатація об'єкта будівництва.

Таблиця 1. Економічні переваги BIM-технології на різних стадіях будівництва

Проектування і комунікація	Проектування	Будівництво	Передача об'єкта в експлуатацію
Збільшення якості проекту шляхом зменшення доробок	Швидке створення візуалізації	Зменшення витрат на оплату послуг	Швидке оформлення актів
Ефективне проектування	3D- і 4D-візуалізація	Зменшення часу реалізації проекту	Покращення процесу передачі робіт
Зменшення часу	Ефективний документообіг	Зменшення цін і ризиків	Ефективність постачання
Швидке і точне бюджетування	Зменшення витрат на сировину	Збільшення безпеки при будівництві	Використання даних цифрової моделі

Джерело: узагальнено авторами.

На кожному з вищевказаних етапів є економічна вигода від впровадження BIM-технологій шляхом економії від:

- заздалегідь виявлених на етапі проектування просторових дефектів, які могли б призвести до додаткових витрат на етапі будівництва;
- автоматизації процесу закупівлі та логістики матеріалів внаслідок його наближення до фактичного стану справ на будівельному майданчику;
- автоматизації процесів фінансового планування та управління грошовими потоками проекту будівництва;
- надання прозорості звітності для керівництва компанії, на основі якої приймаються рішення;
- скорочення вартості подальшої експлуатації будівельного об'єкта.

За оцінками експертів, вигода від запровадження BIM-технологій може становити до 5—10% від загальних витрат на будівництво об'єкта. За чинними оцінками ефект від застосування технології BIM-моделювання в порівнянні з традиційними методами проектування досить значний: до 40% зниження вартості у проєктній документації, від 20% до 50% скорочується час на проектування, до 50% скорочуються терміни інвестиційної фази проєкту, до 30% скорочуються витрати на будівництво та експлуатацію. Крім того, якщо забудовник використовує BIM-технологію, ставка за кредитом для нього може бути суттєво шляхом додаткового контролю проєкту. Для кредитора впровадження BIM — це зниження операційних витрат та вартості ризику.

Активну підтримку BIM-моделювання отримує з боку держав. Так, більшість соціально значущих об'єктів у Великобританії, США та інших державах BIM-технологій зводяться з використанням BIM. Це дозволяє не тільки розвивати напрямок BIM, а й отримувати більший контроль для держави над процесом будівництва, через те, що BIM-модель зберігається у хмарному просторі, у представників держави завжди є доступ до даних BIM-моделі, і, як наслідок, можливість контролю ходу будівництва в режимі реального часу. Можливість такого контролю за ходом будівництва цікава також і банкам, що є ключовими кредиторами будівництва. У зв'язку з тим, що наявність BIM-технологій на об'єкті забезпечує для банків велику прозорість процесу, це дає їм можливість зниження процентної ставки по кредитній лінії, що надається [10 12].

На сьогодні українська практика розвитку технологій інформаційного моделювання істотно відрізняється від кращих практик з міжнародним досвідом [13].

Подібні відмінності пов'язані як з особливостями будівельної сфери України, так і військовими діями на нашій території, а також особливостями використання BIM-технологій будівельними компаніями. Поки що українським будівельним компаніям не вдається отримати порівняльний рівень оптимізації витрат, як у закордонних компаній у Великобританії, США, ЄС чи Сінгапурі.

Одним з важливих чинників для українських компаній, що гальмують впровадження BIM-технологій, є відсутність чіткого розуміння економічних вигод від впровадження цих технологій у процеси будівництва з боку вищого керівництва компанії. Витрати на початковому етапі є досить суттєвими й не до кінця зрозумілий економічний ефект. Закордонні будівельні компанії чітко усвідомлюють фінансові вигоди від впровадження BIM та заявляють про суттєве здешевлення будівництва шляхом впровадження цих технологій. Для того, щоб зрозуміти з чим пов'язані подібні відмінності у підході до фінансового обґрунтування впровадження BIM-технологій в міжнародній практиці та в Україні, необхідно глибше розглянути різницю у цих технологій в Україні та інших країнах.

Попри те, що BIM-технології відкривають можливості та сприяють автоматизації, зміни в організації бізнес-процесів викликають опір з боку низки представників будівельної сфери, які ставлять питання про потребу переходу на нову технологію. Поки що менш як 5% українських компаній використовують BIM-технології. На додаток, часто ті компанії, які використовують BIM, використовують його винятково на етапі проектування. За виконання етапу проектування 3D-модель фіксується, вивантажуються стандартні креслення 2D і далі процес будівництва йде за старим сценарієм. Подібний низький рівень застосування міжнародних практик у використанні BIM-технологій при будівництві може бути пов'язаний з набором наступних чинників:

1. Низька кількість складних для проектування об'єктів, що зводяться Україною [14]. Оскільки основний ризик суттєвих витрат через просторові колізії виникає саме в складних для проектування об'єктах, та керівники компаній готові йти на ризики подібних помилок при проектуванні, тому ці ризики невисокі.

2. Високі витрати на впровадження: вартість проектування в BIM дорожча в середньому на 30% у порівнянні з традиційними 2D кресленнями. На додаток, для повноцінного впровадження BIM-технологій на всіх етапах будівництва необхідні додаткові витрати, які можуть сягати 50 млн грн, а також повний реінжиніринг та цифровізація процесів компанії.

3. Відсутність розуміння та складність підрахунку економічного ефекту на короткостроковому горизонті планування, а також відсутність чіткого розуміння, що являє собою BIM, і технічної оснащеності учасників проєкту.

4. Неготовність осіб, які ухвалюють рішення, до додаткових вкладень за відсутності 100% гарантії, що ці витрати окупляться у межах 1—2 проєктів будівництва.

У країнах, де BIM-технології знаходяться на найвищому рівні розвитку, також виникають складності при впровадженні та розширенні застосування BIM. Але вони дещо відрізняються від українських. Це відсутність запиту клієнта, внутрішньої експертизи та часу для впровадження, витрати на технологію та низький рівень співробітництва. Проте впровадження BIM-технологій у сферу будівництва в Україні буде містити та ряд економічних переваг (табл. 1). Так, згідно з основними результатами дослідження, проведеного компанією Dodge Data and Analytics, деякі із заявлених переваг використання BIM включатимуть:

- 5% зниження кінцевої вартості будівництва;
- 5% збільшення швидкості будівництва;
- 25% збільшення продуктивності;
- 25% скорочення потреби в робочій силі.

Ще одним прикладом повноцінної економічної вигоди з використання BIM-технологій є приклад компанії Petrobras зі зведення нафтопереробного заводу в Бразилії. Для будівництва цього об'єкта були використані не тільки технології 3D-моделювання, але й активно використовувалося моделювання 4D та формування план-графіка будівництва на основі 3D-моделі. Подібне застосування було виправдано, тому що при зведенні подібних об'єктів надзвичайно важливо дотримуватися послідовності етапів зведення, з урахуванням прокладки труб і підведення інженерних комунікацій. Таким чином, це дозволило уникнути можливих помилок при підключенні складних інженерних систем, їх тестування та налагодження. На додаток, за допомогою цієї технології було спроєктовано та візуалізовано процес складання ключових елементів, що дозволило зменшити економічну складову та збільшити експлуатацію [15].

Можливості BIM стають ширшими — від звичного застосування в проєктних технологіях до комплексного інструментування та джерел цінної інформації, яка може використовуватися на всіх етапах життєвого циклу об'єкта як для внутрішніх цілей бізнесу, так і при взаємодії з кінцевим споживачем. Компанії, які почали процес цифровізації раніше, перебувають у вигравші: вони можуть не тільки перевести продаж та обслуговування клієнтів в онлайн, але і завдяки BIM-технологіям мінімізувати знаходження команди проєктувальників та менеджерів на будівельному майданчику, що дає безперечні конкурентні переваги для окремої компанії. На додаток, шляхом збільшення глибини проникнення BIM-технологій у внутрішні процеси компаній, очікується, що істотно буде вищим фінансовий ефект від використання цих технологій, що стане додатковим чинником для розвитку будівельної сфери, оскільки дозволить спростити процес фінансового обґрунтування проєктів впровадження.

ВИСНОВКИ

Підсумовуючи, варто зауважити, що BIM-технології не тільки дозволяють отримати додаткову інформацію про об'єкт, але й допомагають прийняттю рішень на всіх стадіях його життєвого циклу, починаючи з формування концепції до ліквідації. BIM приваблює увагу інвесторів та розробників і виступають як інструмент, що дозволяє скоротити тимчасові та фінансові витрати шляхом автоматизації рутинних операцій, і як інструмент спостереження за процесами проєктування та будівництва об'єкта в режимі реального часу, що допомагає швидко реагувати та вносити в проєкт необхідні зміни та покращувати якість.

Згідно з останніми дослідженнями, очікується, що до 2030 року ринок BIM досягне 52,5 млрд дол. США. Однак через природу технологій, що постійно розвивається, в будівельній сфері повсякчас з'являються нові тенденції BIM. Оскільки світ розвивається у бік повноцінної цифровізації будівництва, у цьому ракурсі економічні перспективи подальшого розвитку BIM-технологій виглядають оптимістично. Вже нині BIM-технології активно застосовуються у світі. Це обумовлено економічними перевагами, які надає цей інструмент. Одна з головних переваг BIM-технологій на стадії проєктування — отримання всеосяжної відповідності параметрів та експлуатаційних характеристик зведеної будівлі вимогам замовника. Зрештою, впровадження BIM-технологій у проєктуванні знижує грошові витрати та скорочує терміни введення будівлі в експлуатацію, що позитивно впливає на економічну складову будівництва, а також принесе значну економічну вигоду для розвитку будівельної сфери в Україні.

Література:

1. Київська К. І., Лузіна Ю. В. Перспективи впровадження BIM-технологій у вітчизняній будівельній галузі. Управління розвитком складних систем. 2021. № 46. С. 63—69.
2. Lukianova T., Donenko V., Klein R. Implementing Building Information Modelling for the Reconstruction Process of Unfinished Building Projects. In 2020 IEEE European Technology and Engineering Management Summit (E-TEMS). 2020. Pp. 1—6.
3. Levchenko O. V., Mykhailenko A. V. BIM Personnel: From Users to Managers. Current problems of architecture and urban planning. 2020. № 56. Pp. 88—102.
4. Чернишев Д. О., Київська К. І., Цюцюра С. В., Цюцюра М. І., Гоц В. В. Впровадження технології моделювання інформаційних об'єктів на етапах життєвого циклу. Управління розвитком складних систем: збірник наукових праць. 2019. Випуск 40. С. 140—146.
5. Терентьев О. О., Київська К. І., Горбатюк Є. В., Доля О. В., Бородиня В. В., Азенко А. В. Методи та моделі пошкодження автоматизованої системи діагностики технічного стану об'єктів будівництва. Управління розвитком складних систем: збірник наукових праць. 2019. Випуск 38. С. 82—91.
6. Kuleba M., Kyivska K., Tsiutsiura M., Yerukaiev A., Prystajlo M. Information technology for business process modeling. International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET). 2021. Volume: 12, Issue: 2. Pp. 313—318.

7. Шпагин В. Ф. Особливості вибору програмного забезпечення навчання ландшафтному проектуванню. Інформаційні технології і засоби навчання. 2018. Т. 68. № 6. С. 181—192.

8. Kravchenko A. M., Hryhorenko M. P. Building Information Modeling (BIM) of Coke-Plant Components in Giprokoks Designs. Coke and Chemistry. 2019. № 62 (7). Pp. 306—313.

9. Mesaros P., Smetankova J., Krajnikova K. Sustainability of Buildings and Its Support Through Innovative Technologies. Proceedings of Advances in Resource-Saving Technologies and Materials in Civil and Environmental Engineering. 2020. № 47. Pp. 307—314.

10. Kyivska K., Tsiutsiura S. Implementation of artificial intelligence in the construction industry and analysis of existing technologies. Technology audit and production reserves. 2021. № 2/2(58). Pp. 12—16.

11. Чибіряков В. К., Станкевич А. М., Кошевий О. П., Краснеева А. О., Пошивач Д. В., Чубарев А. Г., Шорін О. А., Янсонс М. О., Сович Ю. В. Модифікований метод прямих, алгоритм його застосування, можливості та перспективи. Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник. 2019. Вип. 70. С. 633—655.

12. Pan Y., Zhang L., A BIM-data mining integrated digital twin framework for advanced project management. Automation in Construction. 2021. Volume 124. Pp. 52—69.

13. Кошевий О. П., Левківський Д. В., Чубарев А. Г., Янсонс М. О. Модифікований метод прямих в статичних задачах вісесиметричних нетонких пластин. Scientific-and-technical collected articles "Strength of materials and theory of structures". 2022. Issue 109. Pp. 342—358.

14. Про схвалення Концепції впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) в Україні та затвердження плану заходів з її реалізації: Розпорядження Кабінету Міністрів України; Концепція, План, Заходи від 17.02.2021 № 152-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/152-2021-%D1%80#Text>

15. Чибіряков В. К., Станкевич А. М., Кошевий О. П., Левківський Д. В., Краснеева А. О., Пошивач Д. В., Чубарев А. Г., Шорін О. А., Янсонс М. О., Сович Ю. В. Чисельна реалізація модифікованого методу прямих. Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник. 2020. Вип. 74. С. 341—359.

References:

1. Kyivska, K. I. & Luzina, Yu. V. (2021), "Prospects for the introduction of BIM technologies in the domestic construction industry", *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*, vol. 46, pp. 63—69.

2. Lukianova, T., Donenko, V. & Klein, R. (2020), "Implementing Building Information Modelling for the Reconstruction Process of Unfinished Building Projects", In *2020 IEEE European Technology and Engineering Management Summit (E-TEMS)*, pp. 1—6.

3. Levchenko, O. V. & Mykhailenko, A. V. (2020), "BIM Personnel: From Users to Managers", *Current problems of architecture and urban planning*, vol. 56, pp. 88—102.

4. Chernyshev, D. O., Kyivska, K. I., Tsiutsiura, S. V., Tsiutsiura, M. I. & Hots, V. V. (2019), "Implementation of technology for modeling information objects at the stages

of the life cycle", *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system: zbirnyk naukovykh prats*, vol. 40, pp. 140—146.

5. Terentiev, O. O., Kyivska, K. I., Horbatiuk, Ye. V., Dolia, O. V., Borodynia, V. V. & Azenko, A. V. (2019), "Methods and models of damage to the automated system for diagnosing the technical condition of construction objects", *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system: zbirnyk naukovykh prats*, vol. 38, pp. 82—91.

6. Kuleba, M., Kyivska, K., Tsiutsiura, M., Yerukaiev, A. & Prystajlo, M. (2021), "Information technology for business process modeling", *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET)*, vol. 12, iss. 2, pp. 313—318.

7. Shpahin, V. F. (2018), "Peculiarities of choosing landscape design training software", *Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia*, vol. 68, iss. 6, pp. 181—192.

8. Kravchenko, A. M. & Hryhorenko, M. P. (2019), "Building Information Modeling (BIM) of Coke-Plant Components in Giprokoks Designs", *Coke and Chemistry*, vol. 62(7), pp. 306—313.

9. Mesaros, P., Smetankova, J. & Krajnikova, K. (2020), "Sustainability of Buildings and Its Support Through Innovative Technologies", *Proceedings of Advances in Resource-Saving Technologies and Materials in Civil and Environmental Engineering*, vol. 47, pp. 307—314.

10. Kyivska, K. & Tsiutsiura, S. (2021), "Implementation of artificial intelligence in the construction industry and analysis of existing technologies", *Technology audit and production reserves*, vol. 2/2 (58), pp. 12—16.

11. Chybiriakov, V. K., Stankevych, A. M., Koshevyi, O. P., Krasneieva, A. O., Poshyvach, D. V., Chubarev, A. H., Shorin, O. A., Yansons, M. O. & Sovych, Yu. V. (2019), "Modified method of straight lines, algorithm of its application, possibilities and prospects", *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia: Nauk.-tekhn. Zbirnyk*, vol. 70, pp. 633—655.

12. Pan, Y. & Zhang, L. (2021), "A BIM-data mining integrated digital twin framework for advanced project management", *Automation in Construction*, vol. 124, pp. 52—69.

13. Koshevyi, O. P., Levkivskyi, D. V., Chubarev, A. H. & Yansons, M. O., (2022), "Modified method of lines in static problems of axisymmetric nonthin plates", *Scientific-and-technical collected articles "Strength of materials and theory of structures"*, vol. 109, pp. 342—358.

14. The Cabinet of Ministers of Ukraine (2021), "On approval of the Concept of implementation of building information modeling technologies (BIM technologies) in Ukraine and approval of the action plan for its implementation", available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/152-2021-%D1%80#Text> (Accessed 25 Feb 2024).

15. Chybiriakov, V. K., Stankevych, A. M., Koshevyi, O. P., Levkivskyi, D. V., Krasneieva, A. O., Poshyvach, D. V., Chubarev, A. H., Shorin, O. A., Yansons, M. O. & Sovych, Yu. V. (2020), "Numerical implementation of the modified method of straight lines", *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia: Nauk.-tekhn. Zbirnyk*, vol. 74, pp. 341—359.

Стаття надійшла до редакції 03.03.2024 р.