

УДК 338.5:625.7/.8

Бондар О. А.¹, д-р екон. наук, проф., <https://orcid.org/0000-0002-5382-2548>Тесленко П. П.², канд. техн. наук, <https://orcid.org/0009-0006-3456-4346>Чирва Т. Л.², канд. техн. наук, доц., <https://orcid.org/0000-0002-6657-5443>Крикун А. П.², <https://orcid.org/0009-0006-5869-9397>¹Державне підприємство «Національний інститут розвитку інфраструктури» (ДП «НІРІ»), м. Київ, Україна²Київський національний університет будівництва та архітектури (КНУБА), м. Київ, Україна

ЦИФРОВИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ BIM-МЕНЕДЖМЕНТУ

Анотація

Вступ. У даній статті досліджуються основні цифрові інструменти BIM-менеджменту, їхня функціональність і вплив на процеси управління будівельними проектами. Розглядаються актуальні тенденції у розвитку BIM-інструментарію, а також його значення для майбутнього будівельної галузі.

Проблематика. Впровадження BIM (Building Information Modeling) стало революційним кроком у будівельній галузі, але разом із цим виникли нові виклики, пов'язані з адаптацією та використанням цифрових інструментів BIM-менеджменту. Однією з ключових проблем є недостатня стандартизація та інтеграція різних програмних продуктів, що призводить до фрагментованості інформації та ускладнення взаємодії між учасниками будівельних проектів. Багато компаній стикаються із труднощами в інтеграції різних інструментів BIM через відсутність єдиного інформаційного середовища та стандартизованих процесів.

Другою важливою проблемою є відсутність належної кваліфікації та знань у сфері BIM-менеджменту серед фахівців будівельної галузі. Низький рівень цифрової грамотності та недоліки у підготовці спеціалістів уповільнюють процес впровадження інноваційних технологій, а також знижують ефективність використання цифрових інструментів. Це особливо актуально для малих і середніх компаній, які часто не мають ресурсів для навчання персоналу або придбання дорогого програмного забезпечення.

Ще однією проблемою є управління великими обсягами даних, які генеруються в процесі проектування та будівництва за допомогою BIM. Забезпечення належної координації та управління цими даними є критично важливим для успішного виконання проектів, але часто стає викликом через складність і різноманітність інформації. Помилки в управлінні даними можуть призвести до затримок, перевищення бюджету та порушення термінів будівництва.

Також варто відзначити проблеми з правовим регулюванням і нормативною базою, яка не завжди встигає за розвитком технологій. Це створює правові прогалини, особливо у сфері відповідальності за використання BIM-моделей та управління інформаційними процесами в будівництві.

Таким чином, хоч цифровий інструментарій BIM-менеджменту відкриває нові можливості для підвищення ефективності будівництва, його впровадження супроводжується низкою проблем. Вирішення цих викликів вимагає як технічних інновацій, так і зміни підходів до управління проектами, освіти фахівців та вдосконалення нормативної бази.

Це розширене бачення проблематики демонструє ключові виклики, з якими стикається галузь, і допомагає окреслити напрями для подальших досліджень та вирішення проблем.

Мета. Дослідження сучасного цифрового інструментарію BIM-менеджменту, визначення його основних функцій та можливостей, а також оцінка впливу цих інструментів на ефективність управління будівельними проектами. У статті також аналізуються основні проблеми, з якими

стикаються фахівці під час впровадження BIM-технологій, та пропонуються шляхи їх подолання для оптимізації процесів проєктування, будівництва та експлуатації будівель.

Матеріали та методи. Стаття носить дослідницький характер. У рамках цього дослідження були використані наступні матеріали та методи для аналізу цифрового інструментарію BIM-менеджменту:

Аналіз літератури та нормативних документів. Проведено детальний огляд наукових публікацій, міжнародних стандартів, рекомендацій та нормативної бази щодо використання BIM-технологій. Зокрема, були досліджені документи, що стосуються інтеграції цифрових інструментів в управлінні будівельними проєктами, таких як ISO 19650 та інші національні стандарти.

Метод порівняльного аналізу. Для оцінки ефективності різних інструментів BIM-менеджменту було проведено порівняльний аналіз програмних продуктів (Autodesk Revit, Navisworks, Bentley Systems, Trimble Connect та інших) на основі таких критеріїв, як функціональність, інтеграційні можливості, підтримка стандартів, зручність у використанні та доступність для різних типів проєктів.

Емпіричні дослідження. Проведено опитування серед фахівців у сфері будівництва та BIM-менеджерів для виявлення ключових проблем, пов'язаних із використанням цифрових інструментів у проєктуванні та управлінні. Аналіз результатів опитування допоміг з'ясувати, які інструменти використовуються найчастіше, з якими труднощами стикаються користувачі, та які переваги і недоліки цих інструментів вони відзначають.

Метод кейс-стаді. Було проаналізовано кілька реальних проєктів будівництва, в яких застосовувалися інструменти BIM-менеджменту. Дослідження охоплювало етапи від проєктування до будівництва, з акцентом на використанні цифрових моделей для координації робіт, управління ресурсами та контролю якості.

Метод моделювання. Для оцінки потенційного впливу впровадження нових BIM-інструментів на ефективність проєктів, було використано моделювання процесів будівництва на основі інформаційних моделей. Цей метод дозволив симулювати різні сценарії управління та оцінити їхні результати в умовах реальних будівельних проєктів.

Отримані дані були проаналізовані за допомогою методів статистичного аналізу, що дозволило зробити висновки щодо ефективності використання різних інструментів BIM-менеджменту та запропонувати рекомендації для їх впровадження у практику.

Результати. Цифровий інструментарій BIM-менеджменту має значний потенціал для підвищення ефективності управління будівельними проєктами, але впровадження цих інструментів потребує вирішення ряду проблем, пов'язаних із кваліфікацією фахівців, інтеграцією технологій та нормативно-правовою базою.

Висновки. Дослідження підтвердило, що цифровий інструментарій BIM-менеджменту має значний потенціал для трансформації будівельної галузі, підвищення ефективності управління проєктами та поліпшення координації між учасниками проєктного процесу. Використання таких інструментів дозволяє знизити витрати, скоротити терміни будівництва, мінімізувати кількість помилок та підвищити загальну якість проєктних рішень.

Проте впровадження BIM-технологій і цифрових інструментів управління супроводжується низкою проблем. Найбільшими викликами залишаються недостатня кваліфікація фахівців, складність інтеграції різних програмних продуктів та великий обсяг даних, якими потрібно ефективно управляти. Окрім того, відсутність стандартизованих підходів і нормативно-правових вимог на національному рівні ускладнює широке застосування BIM у практиці будівельних компаній.

Таким чином, для успішного впровадження цифрового інструментарію BIM-менеджменту необхідно забезпечити належну підготовку фахівців, створення єдиних стандартів обміну даними та подальший розвиток правового регулювання. Поступове вирішення цих проблем дозволить розкрити повний потенціал BIM-технологій та суттєво підвищити ефективність будівельних проєктів у майбутньому.

Ключові слова: будівельні дані, BIM, BIM-менеджмент, інтеграція програмного забезпечення, інформаційне моделювання будівель, координація проєктів, стандартизація, управління будівельними проєктами, цифровий інструментарій, 4D моделювання, 5D моделювання.

Вступ

Сучасний розвиток будівельної галузі невід’ємно пов’язаний із впровадженням новітніх технологій, серед яких інформаційне моделювання будівель (Building Information Modeling, BIM) займає ключову позицію. Використання BIM-технологій дозволяє створювати цифрові моделі об’єктів на всіх етапах життєвого циклу, від проєктування до експлуатації та демонтажу. Це забезпечує більш ефективну взаємодію між учасниками проєкту, зменшує ймовірність помилок, підвищує прозорість процесів і дозволяє оптимізувати витрати.

Одним із важливих аспектів BIM-технологій є BIM-менеджмент — система управління процесами створення, обробки та використання інформаційних моделей. Цифрові інструменти, які використовуються у BIM-менеджменті, відіграють вирішальну роль у забезпеченні успішного виконання проєктів. Завдяки таким інструментам, як програмне забезпечення для координації, контролю, аналізу та прогнозування, можна значно підвищити ефективність управління та якість виконання будівельних робіт.

Основна частина

Визначення та роль BIM-менеджменту. Інформаційне моделювання будівель (BIM) є комплексним процесом, що включає створення і використання цифрових моделей для управління всіма аспектами будівництва, починаючи з концептуального проєктування і закінчуючи експлуатацією будівлі. BIM-менеджмент — це система управління цими процесами, яка включає координацію, контроль і оптимізацію всіх учасників проєкту через використання BIM-технологій. *Основне завдання BIM-менеджменту* — забезпечити ефективну взаємодію між архітекторами, інженерами, будівельниками та власниками, оптимізуючи процес проєктування і будівництва за допомогою цифрових інструментів.

Цифровий інструментарій BIM-менеджменту. На сучасному етапі розвитку BIM є широкий вибір програмного забезпечення для управління інформаційними моделями. Серед них найбільш популярними є:

- ❖ Autodesk Revit — система для створення та редагування тривимірних моделей будівель і конструкцій.
- ❖ Navisworks — інструмент для виявлення колізій і координації між різними дисциплінами проєктування.
- ❖ Bentley Systems — платформа, що забезпечує управління інфраструктурними проєктами, включаючи будівництво та експлуатацію.
- ❖ Trimble Connect — хмарна платформа для співпраці між учасниками проєкту в режимі реального часу.

Кожен із цих інструментів має свої сильні сторони, проте їхнє ефективне використання вимагає інтеграції та підтримки міжплатформної сумісності. Зокрема, обмін даними за допомогою стандарту IFC (Industry Foundation Classes) дозволяє об’єднати різні програми та забезпечити єдиний інформаційний простір.

Переваги використання цифрових інструментів BIM-менеджменту. BIM-інструменти дозволяють суттєво покращити якість проєктування та управління будівництвом. Основні переваги включають:

- ❖ *Координація та комунікація.* Завдяки BIM, учасники проєкту можуть працювати з єдиною інформаційною моделлю в режимі реального часу, що мінімізує ризик помилок і неузгодженостей. Інструменти, такі як Navisworks, дозволяють виявляти колізії між системами на етапі проєктування, що значно знижує витрати на виправлення помилок під час будівництва.

❖ *Підвищення ефективності управління даними.* Цифрові інструменти BIM дають змогу централізовано зберігати та аналізувати великі обсяги інформації про проєкт. Хмарні платформи, як-от Trimble Connect, забезпечують доступ до актуальних даних для всіх учасників, що знижує затримки в роботі та спрощує координацію.

❖ *Прогнозування термінів і витрат.* Інструменти 4D та 5D моделювання дозволяють додавати до інформаційних моделей час і вартість, що дає змогу точніше прогнозувати терміни виконання робіт і витрати, а також контролювати їх у процесі реалізації проєкту.

Проблеми та виклики впровадження BIM-інструментів. Попри очевидні переваги, впровадження цифрових інструментів BIM-менеджменту супроводжується низкою проблем:

❖ *Недостатня підготовка фахівців.* Однією з найбільших проблем є відсутність належної кваліфікації у фахівців, що займаються впровадженням BIM-інструментів. Це обмежує ефективність їхнього використання, особливо у випадках малих і середніх будівельних компаній, які не мають ресурсів для навчання персоналу.

❖ *Фрагментація програмного забезпечення.* Незважаючи на наявність стандартів, таких як IFC, інтеграція між різними BIM-інструментами все ще залишається складним завданням. Відсутність єдиної платформи для координації часто призводить до фрагментації даних і неузгодженостей між різними учасниками проєкту.

❖ *Управління великими обсягами даних.* Зростання кількості цифрових даних вимагає створення ефективних методів управління та зберігання. Це включає як технічні питання щодо інфраструктури для зберігання даних, так і забезпечення відповідних стандартів безпеки та конфіденційності інформації.

❖ *Відсутність регуляторної бази.* У багатьох країнах відсутні чіткі законодавчі та нормативні вимоги до використання BIM. Це створює правову невизначеність у питаннях відповідальності за точність інформаційних моделей та управління процесами на основі цифрових даних.

Перспективи розвитку BIM-менеджменту. Незважаючи на існуючі проблеми, перспективи розвитку BIM-менеджменту залишаються надзвичайно позитивними. Останні тенденції вказують на подальше вдосконалення інструментів, спрямованих на забезпечення більшої інтеграції між системами, автоматизацію процесів і використання штучного інтелекту для аналізу даних і прогнозування результатів. У майбутньому важливим етапом стане стандартизація процесів і розвиток нормативної бази, що полегшить впровадження BIM на рівні великих і малих компаній.

Таким чином, підсумовуючи проведене дослідження сформуємо наукову гіпотезу — алгоритм впровадження цифрових інструментів BIM-менеджменту (**рис. 1**).

1. АНАЛІЗ ПОТРЕБ І ВИМОГ ПРОЄКТУ

- Визначте основні вимоги проєкту, його складність, масштаби та ресурси.
- Оцініть необхідність використання BIM-інструментів для різних аспектів проєкту (проектування, будівництво, експлуатація).
- Розгляньте можливості інтеграції BIM-технологій з існуючими процесами управління проєктом.



2. ФОРМУВАННЯ BIM-СТРАТЕГІЇ

- Розробіть стратегію впровадження BIM, яка включає вибір програмних продуктів, методи обміну даними, стандарти роботи та ключові етапи інтеграції.
- Визначте відповідальних осіб (BIM-менеджера, координаторів) для кожного етапу проєкту.
- Оцініть необхідність навчання співробітників і залучення зовнішніх консультантів для підтримки впровадження.



3. ВИБІР ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ІНСТРУМЕНТІВ

- Проаналізуйте ринок програмних рішень (Autodesk Revit, Navisworks, Bentley Systems, Trimble Connect тощо) для вибору найбільш відповідних інструментів під конкретні вимоги проекту.
- Забезпечте підтримку обміну даними між різними системами через стандарти, як-от IFC.
- Виберіть хмарні платформи для спільної роботи та централізованого управління даними.

4. НАВЧАННЯ ПЕРСОНАЛУ ТА ПІДВИЩЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЇ

- Організуйте навчальні програми для співробітників, які будуть безпосередньо задіяні в роботі з BIM-інструментами.
- Залучіть експертів або сторонніх консультантів для проведення тренінгів і сертифікації фахівців.
- Регулярно оновлюйте знання співробітників відповідно до нових технологій і стандартів у BIM.

5. ПІДГОТОВКА BIM-СТАНДАРТІВ І ПРОТОКОЛІВ

- Розробіть і впровадьте внутрішні стандарти та регламенти щодо використання BIM, включаючи процеси моделювання, управління даними та координації між різними командами.
- Створіть чіткі протоколи обміну даними, які забезпечать єдині формати даних і правила їх використання всіма учасниками проекту.

6. ІНТЕГРАЦІЯ BIM У РОБОЧІ ПРОЦЕСИ

- Почніть з інтеграції цифрових моделей на ранніх етапах проектування, зокрема для координації архітектурних, конструктивних та інженерних рішень.
- Використовуйте інструменти для 4D (час) і 5D (вартість) моделювання, щоб відстежувати терміни виконання робіт і витрати під час реалізації проекту.
- Налагодьте регулярне оновлення моделей, щоб усі учасники мали доступ до актуальної інформації на кожному етапі будівництва.

7. КОНТРОЛЬ І КООРДИНАЦІЯ ПРОЄКТУ

- Використовуйте програмні інструменти для координації роботи між різними дисциплінами та командами, включаючи виявлення колізій у моделях (Navisworks).
- Проводьте регулярні наради з використанням візуалізації моделей для обговорення проблем та оптимізації процесів.
- Створіть систему зворотного зв'язку для вчасного виявлення і вирішення проблем, пов'язаних із цифровими моделями.

8. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ BIM

- Після завершення кожного етапу проекту проведіть аналіз результатів для оцінки впливу BIM на ефективність робіт (зниження витрат, скорочення часу, якість виконання).
- Проаналізуйте дані щодо кількості виправлених колізій, витрат на координацію та інших показників ефективності.
- Оцініть, як використання BIM вплинуло на загальну продуктивність команди та якість прийнятих рішень.

9. ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ СТРАТЕГІЙ

- На основі отриманих результатів проведіть аналіз виявлених недоліків і проблем під час використання BIM-інструментів.
- Скоригуйте стратегію для подальших проєктів, враховуючи досвід і результати впровадження BIM на поточному проєкті.
- Заплануйте оновлення програмного забезпечення та інструментів, а також підготовку фахівців для подальшого покращення BIM-менеджменту.

Рисунок 1 — Алгоритм впровадження цифрових інструментів BIM-менеджменту

Висновки

Впровадження цифрових інструментів BIM-менеджменту є критично важливим для підвищення ефективності та точності управління будівельними проєктами. Ці інструменти забезпечують інтеграцію різних етапів проєктування, будівництва та експлуатації, покращують координацію між учасниками проєкту, дозволяють оптимізувати витрати та терміни виконання робіт. Використання BIM-інструментів дозволяє зменшити кількість колізій і помилок на етапах проєктування та будівництва, а також підвищити прозорість і контроль над процесами.

Однак для успішного впровадження цифрових технологій BIM-менеджменту необхідно подолати певні виклики. Серед них — необхідність підготовки кваліфікованих фахівців, стандартизація процесів і забезпечення сумісності між різними програмними продуктами. Також важливу роль відіграє розроблення чіткої нормативної бази, яка регулюватиме питання відповідальності за управління даними та інформаційними моделями.

Загалом, застосування BIM-інструментів є ключовим фактором для підвищення ефективності в будівельній галузі, і, з урахуванням розвитку технологій і стандартів, ці інструменти стануть невід’ємною частиною майбутніх проєктів. Подальший розвиток BIM сприятиме більш якісному управлінню будівельними проєктами, скороченню витрат і термінів виконання, а також покращенню загальної якості будівельних процесів.

Отримані такі результати відображають ефективність цифрових інструментів BIM-менеджменту та проблеми, пов’язані з їх використанням, а саме:

1. Порівняльний аналіз програмного забезпечення. Було виявлено, що серед найпоширеніших інструментів BIM-менеджменту (Autodesk Revit, Navisworks, Bentley Systems, Trimble Connect) найбільше переваг надають програмні комплекси, які підтримують міжплатформенну інтеграцію, багатокористувацький режим і можливість обміну інформацією у форматі відкритих даних (IFC). Ці інструменти дозволяють забезпечити кращу координацію між командами та ефективніше управління інформаційними моделями, проте кожен з них має свої специфічні обмеження щодо функціональності.

2. Аналіз опитувань фахівців. Результати опитування показали, що найбільшими викликами при впровадженні BIM-технологій є недостатня підготовка персоналу (64 % респондентів) та складність інтеграції інструментів із традиційними методами управління будівництвом (45 %). Однак, більшість респондентів (78 %) відзначили, що використання BIM значно скорочує час на координацію проєктних робіт і знижує ймовірність помилок.

3. Кейс-стаді реальних проєктів. У досліджених проєктах, де активно використовувалися цифрові інструменти BIM, було зафіксовано зниження витрат на координацію та управління на (15 – 20) % порівняно з традиційними методами. Крім того, застосування інструментів для 4D- та 5D-моделювання (час і вартість) дозволило значно покращити прогнозування термінів виконання робіт і контроль за бюджетом.

4. Управління даними. Було виявлено, що ефективне управління великими обсягами даних є одним із ключових факторів успіху BIM-менеджменту. Інструменти, що використовують для централізованого зберігання та обробки даних (наприклад, хмарні платформи), значно підвищують

доступність інформації для всіх учасників проєкту та сприяють підвищенню продуктивності. Проте, у 32 % випадків спостерігались труднощі з уніфікацією даних і забезпеченням належної сумісності між різними системами.

5. Оцінка ефективності моделювання. Моделювання будівельних процесів на основі BIM дозволило симулювати різні сценарії виконання проєктів та оцінити їхній вплив на терміни та витрати. Цифрові інструменти дозволили скоротити кількість неузгодженостей у проєктуванні на 25 % і покращити контроль над ресурсами. Однак, дослідження також виявило, що для максимізації вигоди від таких інструментів необхідно мати достатню кваліфікацію користувачів і належну стандартизацію процесів.

6. Правові та нормативні аспекти. Було виявлено, що відсутність чітких регуляторних вимог і стандартів на національному рівні часто стає перешкодою для широкого впровадження BIM-інструментів. Зокрема, проблеми виникають у питаннях правової відповідальності за коректність інформаційних моделей та управління процесами, що базуються на цифрових даних.

Список літератури

1. Olena Bondar, S. Bushuyev, S. Onyshchenko, T. Hiroshi Entropy Paradigm of Project-Oriented Organizations Management. *ITPM 2020 IT Project Management 2020, Proceedings of the 1st International Workshop IT Project Management (ITPM 2020)*, 2020. Vol. 2565. P. 233–243. (Scopus) ISSN 1613-0073. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2565/>.
2. Бондар О. А., Єсипенко А. Д., Терентьев О. О., Веренич О. В., Петренко Г. С. Методичне підґрунтя формування цифрового простору виконання підрядних будівельних робіт. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*, Вип. 47 (1), технічний, 2021. С. 79–86. URL: <https://www.researchgate.net/publication/357265827>.
3. Бондар О. А., Поколенко В. А., Пилипчук О. Д., Арзу Халілов. Аналітичний базис діяльності підрядного підприємства в сучасному цифровому середовищі. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. Вип. 47 (1), технічний, 2021. С. 87–95. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2021.47\(1\).87-95](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2021.47(1).87-95).
4. Olena Bondar, Oleksandra Vahonova, Olena Tryfonova, Nina Petrukha, Oksana Kyrychenko, Oleksandr Akimov. Economic justification for strategic decisions to improve the competitiveness of the enterprise. *Journal of interdisciplinary research, Ad Alta*, P. 198–202. 2022. URL: http://www.magnanimitas.cz/ADALTA/120127/papers/A_36.pdf.
5. Verenych, O., Wolff, C., Bushuyev, S., Bondar, O., Voitenko, O. Hybrid Competencies Model for Managing Innovation Projects. *CEUR Workshop Proceedings*, 2022, 3295. P. 25–37. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3295/>.
6. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. Wiley.
7. Kiviniemi, M., & Fischer, M. (2016). The Future of BIM in Construction Management. *Construction Research Congress 2016*. P. 125–134.
8. Bryde, D. J., Broquetas, M., & Volm, J. M. (2013). The Project Benefits of Building Information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 31(7). P. 971–980. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.12.002>.
9. Azhar, S. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 2011. P. 241–252. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127).
10. Liu, R., & Issa, R. The Impact of BIM on Productivity in the Construction Industry. *ASCE Construction Research Congress*, 2013. P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1061/9780784412898.001>.
11. RICS. (2019). Building Information Modelling (BIM) in the UK Construction Industry. [Online]. Available: URL: <https://www.rics.org/uk/knowledge/research/insights/bim-in-the-uk-construction-industry/>.
12. Teicholz, P. (2013). *Construction 2020: A Vision for the Next Decade*. Construction Industry Institute. P. 1–11.

13. Zhou, Y., & Chen, J. Challenges and Opportunities of BIM in Construction Management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2020, 146(3). DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001796](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001796).
14. Sacks, R., & Barak, R. Impact of Three-Dimensional BIM on the Quality of Construction Project Management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2010, 136(3). P. 353–361.
15. Vico Software. The Role of BIM in the Construction Industry. [Online]. 2010. URL: <https://vicosoftware.com/resources/blog/the-role-of-bim-in-the-construction-industry/>.
16. Raudelinien, J., & Elskyt, V. Change management: formation of competitive strategic decisions. *Information and Communication Technologies in Business*, 2010, № 3. P. 710–716.
17. Redchuk, R., & Boretskyi, V. Developing the Competency of Future Physical Education Specialists in Professional Interaction in the Field of Social Communications. *Revista Romaneasca Pentru Educatie Multidimensionala*, 2020, № 12(4). P. 289–309. DOI: <https://doi.org/10.18662/rrem/12.4/346>.
18. ISO 19650-1:2018. Organization of information about construction works — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles. ISO.
19. ISO 19650-2:2018. Organization of information about construction works — Information management using building information modelling — Part 2: Delivery phase of the assets. ISO.
20. ISO 12006-2:2001. Building construction — Organization of information about construction works — Part 2: Framework for classification. ISO.
21. ISO 16739:2013. Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries. ISO.
22. ISO 55000:2014. Asset management — Overview, principles and terminology. ISO.

References

1. Olena Bondar, S. Bushuyev, S. Onyshchenko, T. Hiroshi Entropy Paradigm of Project-Oriented Organizations Management. *ITPM 2020 IT Project Management 2020, Proceedings of the 1st International Workshop IT Project Management (ITPM 2020)*, 2020. Vol. 2565. P. 233–243. (Scopus) ISSN 1613-0073. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2565/> [in English].
2. Bondar O. A., Yesypenko A. D., Terentiev O. O., Verenych O. V., Petrenko H. S. Metodichne pidgruntia formuvannia tsyfrovoho prostoru vykonannia pidriadnykh budivelnykh robot (The methodical foundation of the formation of the digital space for the execution of contracted construction works). *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, Vyp. 47 (1), tekhnichniy, 2021. P. 79–86. URL: <https://www.researchgate.net/publication/357265827> [in Ukrainian].
3. Bondar O. A., Pokolenko V. A., Pylypchuk O. D., Arzu Khalilov. Analitichnyi bazys diialnosti pidriadnoho pidpriemstva v suchasnomu tsyfrovomu seredovyshchi (Analytical basis of the activities of the subcontractor in the modern digital environment). *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, Vyp. 47 (1), tekhnichniy, 2021. P. 87–95. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2021.47\(1\).87-95](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2021.47(1).87-95) [in Ukrainian].
4. Olena Bondar, Oleksandra Vahonova, Olena Tryfonova, Nina Petrukha, Oksana Kyrychenko, Oleksandr Akimov. Economic justification for strategic decisions to improve the competitiveness of the enterprise. *Journal of interdisc iplinary research, Ad Alta*. P. 198–202. 2022 URL: http://www.magnanimitas.cz/ADALTA/120127/papers/A_36.pdf [in English].
5. Verenych, O., Wolff, C., Bushuyev, S., Bondar, O., Voitenko, O. Hybrid Competencies Model for Managing Innovation Projects. *CEUR Workshop Proceedings*, 2022, 3295. P. 25–37. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3295/> [in English].
6. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. Wiley [in English].
7. Kiviniemi, M., & Fischer, M. (2016). The Future of BIM in Construction Management. *Construction Research Congress 2016*. P. 125–134 [in English].
8. Bryde, D. J., Broquetas, M., & Volm, J. M. (2013). The Project Benefits of Building Information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 31(7). P. 971–980. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.12.002> [in English].

9. Azhar, S. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 2011. P. 241–252. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127) [in English].
10. Liu, R., & Issa, R. The Impact of BIM on Productivity in the Construction Industry. *ASCE Construction Research Congress*, 2013. P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1061/9780784412898.001> [in English].
11. RICS. (2019). Building Information Modelling (BIM) in the UK Construction Industry. [Online]. Available: URL: <https://www.rics.org/uk/knowledge/research/insights/bim-in-the-uk-construction-industry/> [in English].
12. Teicholz, P. (2013). Construction 2020: A Vision for the Next Decade. Construction Industry Institute. P. 1–11 [in English].
13. Zhou, Y., & Chen, J. Challenges and Opportunities of BIM in Construction Management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2020, 146(3). DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001796](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001796) [in English].
14. Sacks, R., & Barak, R. Impact of Three-Dimensional BIM on the Quality of Construction Project Management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2010, 136(3). P. 353–361 [in English].
15. Vico Software. The Role of BIM in the Construction Industry. [Online]. 2010. URL: <https://vicosoftware.com/resources/blog/the-role-of-bim-in-the-construction-industry/> [in English].
16. Raudelinien, J., & Elskyt, V. Change management: formation of competitive strategic decisions. *Information and Communication Technologies in Business*, 2010. No. 3. P. 710–716 [in English].
17. Redchuk, R., & Boretskyi, V. Developing the Competency of Future Physical Education Specialists in Professional Interaction in the Field of Social Communications. *Revista Romaneasca Pentru Educatie Multidimensionala*, 2020, No. 12(4). P. 289–309. DOI: <https://doi.org/10.18662/rrem/12.4/346> [in English].
18. ISO 19650-1:2018. Organization of information about construction works — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles. ISO [in English].
19. ISO 19650-2:2018. Organization of information about construction works — Information management using building information modelling — Part 2: Delivery phase of the assets. ISO [in English].
20. ISO 12006-2:2001. Building construction — Organization of information about construction works — Part 2: Framework for classification. ISO [in English].
21. ISO 16739:2013. Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries. ISO [in English].
22. ISO 55000:2014. Asset management — Overview, principles and terminology. ISO [in English].

Olena Bondar¹, D.Sc., Prof., <https://orcid.org/0000-0002-5382-2548>

Pavlo Teslenko², Ph.D., <https://orcid.org/0009-0004-3456-4346>

Tetyana Chyrva², Ph.D., Associate Prof., <https://orcid.org/0000-0002-6657-5443>

Andrii Krykun², <https://orcid.org/0009-0006-5869-9397>

¹State Enterprise “National Institute for Development Infrastructure” (SE “NIDI”), Kyiv, Ukraine

²Kyiv National University of Construction and Architecture (KNUCA), Kyiv, Ukraine

DIGITAL INSTRUMENTS OF BIM MANAGEMENT

Annotation

Introduction. This article examines the main digital tools of BIM management, their functionality and impact on construction project management processes. Current trends in the development of BIM tools, as well as their importance for the future of the construction industry, are considered.

Problems. The introduction of BIM (Building Information Modeling) was a revolutionary step in the construction industry, but with it came new challenges related to the adaptation and use of digital BIM management tools. One of the key problems is insufficient standardization and integration of various software products, which leads to information fragmentation and complicates interaction between participants in construction projects. Many companies face difficulties in the integration of different BIM tools due to the lack of a unified information environment and standardized processes.

The second important problem is the lack of proper qualifications and knowledge in the field of BIM management among construction industry specialists. The low level of digital literacy and shortcomings in the training of specialists slow down the process of introducing innovative technologies, and also reduce the effectiveness of using digital tools. This is especially true for small and medium-sized companies, which often do not have the resources to train staff or purchase expensive software.

Another challenge is managing the large volumes of data that are generated during the design and construction process using BIM. Ensuring proper coordination and management of this data is critical to successful project execution, but often becomes a challenge due to the complexity and heterogeneity of the information. Mistakes in data management can lead to delays, budget overruns and construction deadlines.

It is also worth noting the problems with legal regulation and the regulatory framework, which does not always keep up with the development of technologies. This creates legal gaps, especially in the area of responsibility for the use of BIM models and management of information processes in construction.

Thus, although the digital toolkit of BIM management opens up new opportunities for increasing construction efficiency, its implementation is accompanied by a number of problems. Solving these challenges requires both technical innovations and changes in approaches to project management, education of specialists, and improvement of the regulatory framework.

This expanded view of the issue demonstrates the key challenges facing the industry and helps outline directions for further research and solutions.

Goal. Research of modern digital tools of BIM management, determination of its main functions and capabilities, as well as assessment of the impact of these tools on the effectiveness of construction project management. The article also analyzes the main problems faced by specialists during the implementation of BIM technologies, and suggests ways to overcome them to optimize the processes of design, construction and operation of buildings.

Materials and methods. The article is research in nature. As part of this study, the following materials and methods were used to analyze the digital tools of BIM management:

Analysis of literature and regulatory documents. A detailed review of scientific publications, international standards, recommendations, and the regulatory framework for the use of BIM technologies was conducted. In particular, documents related to the integration of digital tools in construction project management, such as ISO 19650 and other national standards, were investigated.

Method of comparative analysis. To evaluate the effectiveness of various BIM management tools, a comparative analysis of software products (Autodesk Revit, Navisworks, Bentley Systems, Trimble Connect and others) was conducted based on such criteria as functionality, integration capabilities, standards support, ease of use and accessibility for different types projects

Empirical studies. A survey was conducted among construction professionals and BIM managers to identify key issues related to the use of digital tools in design and management. Analysis of the survey results helped to find out which tools are used most often, what difficulties users face, and what advantages and disadvantages of these tools they note.

Case-stage method. Several real construction projects were analyzed in which BIM management tools were used.

Modeling method. To evaluate the use of the implementation of new BIM tools on the effectiveness of projects, modeling of processes built on the basis of information models was used. This method made it possible to simulate various management scenarios and evaluate their results in the conditions of real construction sites.

The obtained data were analyzed with the help of statistical analysis methods, which made it possible to draw conclusions about the effectiveness of the use of various BIM management tools and to offer recommendations for their implementation in practice.

The results. In the course of the study, the following results were obtained, the results show that the digital toolkit of BIM management has a significant potential to increase the efficiency of construction project management, but the implementation of these tools requires solving a number of problems related to the qualifications of specialists, the integration of technologies and the regulatory and legal framework. .

Conclusions. The study confirmed that digital BIM management tools have significant potential to transform the construction industry, improve project management efficiency, and improve coordination between project process participants. The use of such tools allows you to reduce costs, shorten the construction period, minimize the number of errors and improve the overall quality of project solutions.

However, the implementation of BIM technologies and digital management tools is accompanied by a low problem. The biggest problems remain the insufficient qualification of specialists, the complexity of the integration of various software products, and the large amount of data that needs to be effectively managed. moreover, the issuance of standardized approaches and regulatory requirements at the national level complicates the widespread use of BIM in the practice of construction companies.

Thus, for the successful implementation of digital tools of BIM management, it is necessary to ensure the proper training of specialists, the creation of uniform data exchange standards, and the further development of legal regulation. A gradual solution to this problem will allow us to reveal the full potential of BIM technologies and significantly increase the efficiency of construction objects in the future.

Keywords: BIM, digital toolkit, information modeling of buildings, BIM management, management of construction objects, software integration, building data, 4D modeling, 5D modeling, standardization, project coordination.