

DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2025.72.82-102>

УДК 004, 378, 72.01, 721.021

Левченко Олексій Вікторович,

кандидат архітектури, доцент,

доцент кафедри інформаційних технологій в архітектурі

Київського національного університету будівництва і архітектури

levchenko.ov@knuba.edu.ua

<https://orcid.org/0000-0002-5254-2114>

Михайленко Андрій Всеволодович,

кандидат архітектури, доцент,

доцент кафедри інформаційних технологій в архітектурі

Київського національного університету будівництва і архітектури

mykhailenko.av@knuba.edu.ua

<https://orcid.org/0000-0002-7578-7616>

Череватий Антон Зіновійович,

магістр технології захисту навколишнього середовища

Київського національного університету будівництва і архітектури

cherevatyi_az-2023@knuba.edu.ua

<https://orcid.org/0009-0002-3190-0493>

ВІМ ЯК ІНСТРУМЕНТ ВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНИ

Анотація: у статті розглянуто стратегічну роль технології будівельного інформаційного моделювання (ВІМ) у відбудові об'єктів будівельної інфраструктури України. ВІМ представлено як інструмент підвищення прозорості, ефективності та сталості на всіх етапах життєвого циклу об'єкта будівництва. Визначено ключові чинники цифровізації: адаптація міжнародних стандартів ВІМ (зокрема ISO 19650), впровадження цифрових платформ та синергія з технологіями штучного інтелекту. Запропоновано поетапну модель впровадження ВІМ та наголошено на важливості нормативної підтримки, професійної підготовки та відкритого обміну даними.

Ключові слова: Україна; ВІМ; відбудова; модель; менеджмент; проєкт; погодження; цифрова трансформація; будівельна галузь; сталий дизайн.

Постановка проблеми. Чули про ВІМ (Building Information Modelling – Будівельне інформаційне моделювання (ВІМ))[1], але не впевнені, про що саме мова. Що дійсно воно означає чи як працює? Напевно, навіть якщо довго й уважно використовувати пошукову систему та аналізувати наукові публікації, щоб досягнути питання які ставлять професіонали, пов'язані з ВІМ, - неможливо охопити повною мірою, глибину й різноманіття варіантів застосування цієї

технології, її вплив на загальну цифровізацію будівельної галузі та всього, що з нею пов'язане.

В ідеологічному та практичному сенсі на загальному рівні - BIM забезпечує розумне використання інформаційних даних для швидкого зведення ефективних і екологічних будівель, їх експлуатації та реновації, а часом навіть демонтаж (перероблення будівельних матеріалів). BIM – це цифровий процес забезпечення будівництва, де інформація про кожен окремий компонент збирається та узгоджується командою проєкту упродовж усього життєвого циклу будівлі.

BIM стає юридичною вимогою на міжнародному рівні, виходячи за межі простого тренду. Глобально, в межах Європарламенту створено робочу групу, якою розроблено та локалізовано посібник з пропозиціями та ініціативами про BIM (EU BIM Handbooks (National Languages) [2] 24-ма мовами країн ЄС та японською. Але тепер надано посібник і українською мовою (Ukrainian BIM Handbook) - Посібник з впровадження інформаційного моделювання в будівництві, створений Європейським державним сектором [3], який надає уявлення про:

- 1) Глобальне впровадження BIM.
- 2) Чому уряди вимагають BIM.
- 3) Поточний стан вимог до BIM.
- 4) Що це означає для виробників.
- 5) Як BIM покращує взаємодію з кошторисом і допомагає вигравати контракти.
- 6) Як задовольнити зростаючий попит на BIM.
- 7) Чому сертифікати BIM важливі для виробників.

Оперативність, безпека та сталий розвиток будівництва - це ті основні переваги BIM, які формують настільки переконливий аргумент, що уряди не можуть їх ігнорувати. BIM використовується в будівельній галузі та формує центральний банк інформації для всіх, хто бере участь у проєкті. Серед цих людей, які залучені у процесі є архітектори, інженери, підрядники, будівельники, інспектори, клієнти, власники, розробники та виробники - це лише деякі учасники, які можуть брати участь в BIM- проєктах.

Але задекларовані переваги не є ознакою успішного впровадження. Насправді статистика впровадження стрімко зростає. Завдяки приватним компаніям і стрімкому розповсюдженню стандартів BIM- проєктування на публічному просторі, відсоток користувачів BIM становить:

- 44% в Європі (маркетингове дослідження USP). Деякі країни, наприклад, Велика Британія, Данія та Нідерланди, можуть похвалитися найвищими цифрами. Очікується, що до 2025 року ця цифра зросте до 61% [4].

- 51 % архітектурних фірм США використовують BIM у комерційних роботах (звіт Американського інституту архітекторів за 2020 рік). Майже 100 % великих фірм стверджують, що користуються нею, серед менших – 37 % [5].
- 46 % японських професіоналів використовували BIM у своїй роботі (Autodesk & SB C&S Co., Ltd.) [6].

Завдяки відповідальній роботі, яку виконала Українська BIM спільнота (Ukrainian BIM Community)[7] та інші ініціатори впровадження BIM, разом з провідним закладом вищої освіти України - Київським національним університетом будівництва і архітектури (КНУБА) з перекладу BIM- термінів, дало змогу створити єдине узгоджене джерело тлумачення українською мовою. Будівельне Інформаційне Моделювання (BIM) є набором технологій, процесів та політик (регламентів), що уможливають спільне проєктування для багатьох бенефіціарів, зведення та використання Будівельного Об'єкту у віртуальному просторі. Термін BIM значно розширився за останні роки та сьогодні є “поточним драйвером цифровізації” у будівельній галузі [1].

Виходячи з визначення англійською та українською мовами - BIM важливий атрибут для професіоналів у будівництві, оскільки забезпечує краще узгоджений робочий процес, розумніші архітектурні та інженерні рішення, організацію будівельного процесу, зведення та використання удосконалених будівель.

Однак переваги BIM виходять далеко за межі прямих зацікавлених сторін. Інформаційне моделювання будівель дозволяє розробникам приймати ще ефективніші дизайнерські рішення, моделювати вплив об'єкта на навколишнє середовище та виявляти колізії ще до того, як будівля буде побудована. Крім того, з 2022 року став наявним значний прогрес в інтеграції та застосуванні синтезу цифрових BIM- технологій та сучасних досягнень штучного інтелекту (ШІ / AI) в проєктуванні та виробництві. Додавання ШІ виводить використання BIM- технологій на новий рівень, значно розширює їх можливості. Інтеграція до BIM- додатків інструментарію інтуїтивної автоматизації багатьох функцій, засобів параметричного моделювання, технологій генеративного дизайну тощо - розсуває межі варіативного пошуку оптимальних рішень, одночасно значно скорочує терміни проєктування. Це потужний допоміжний засіб росту ефективності та поширення проєктних можливостей, дослідницької та наукової роботи [8]. З 2022 року відбудова великої кількості пошкоджених та нових об'єктів, найрізноманітнішого профілю, розміру та приналежності - стала як ніколи актуальною.

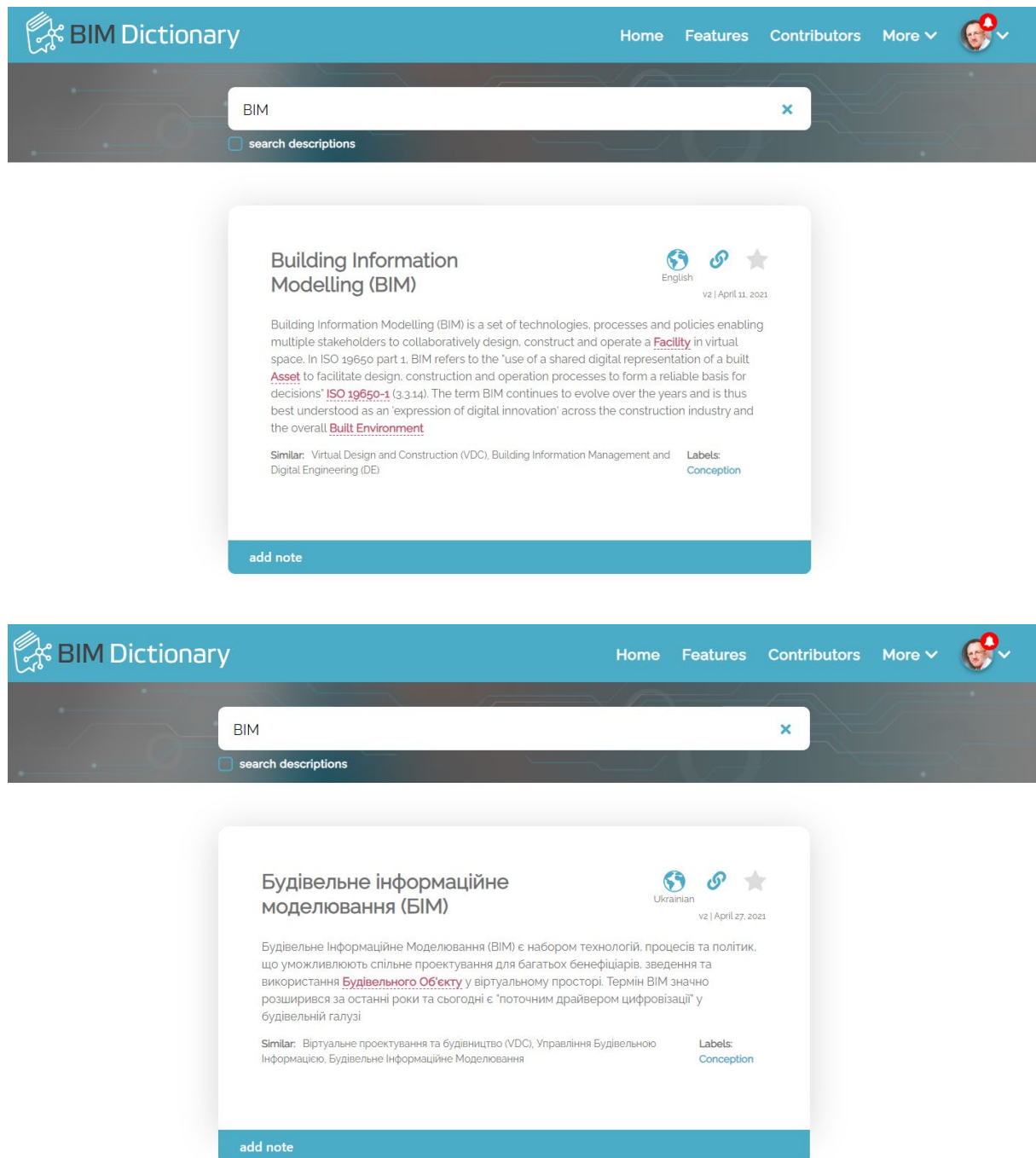


Рис. 1 BIM Dictionary Англійською та Українською [1]

Не дивно, що саме для програми відбудови України необхідною умовою донорів країн ЄС є впровадження BIM, з метою погодження проектно-будівельної документації, що відбувалося в цифровому вигляді; а кошториси та інші інвестиційні розрахунки – були автоматизованими та узгоджувалися з методикою ціноутворення в будівництві країн ЄС [9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Українська спільнота з 2019 року почала свій шлях по інтеграції будівельної галузі до стандартів країн ЄС.

Посібник з впровадження інформаційного моделювання в будівництві, створений EU BIM Task Group[3], розширено українською спільнотою у 2019 р. під час активної роботи над версією «Концепція впровадження BIM в Україні» від UA BIM Community[7], остання редакція якої була презентована у 2020 р.

Остання зустріч Комітету Верховної Ради України з питань організації державної влади, місцевого самоврядування, регіонального розвитку та містобудування про проєкт Закону (реєстраційний номер 6383) винесла на круглий стіл обговорення на тему: «Запровадження будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) на всіх етапах життєвого циклу об'єктів». В той час, 26 вересня 2023 року[10], висвітлила не одноголосно зацікавленість учасників щодо необхідності впровадження BIM та оновлення державних вимог та стандартів до архітектурно-будівельної галузі (Рис.2)

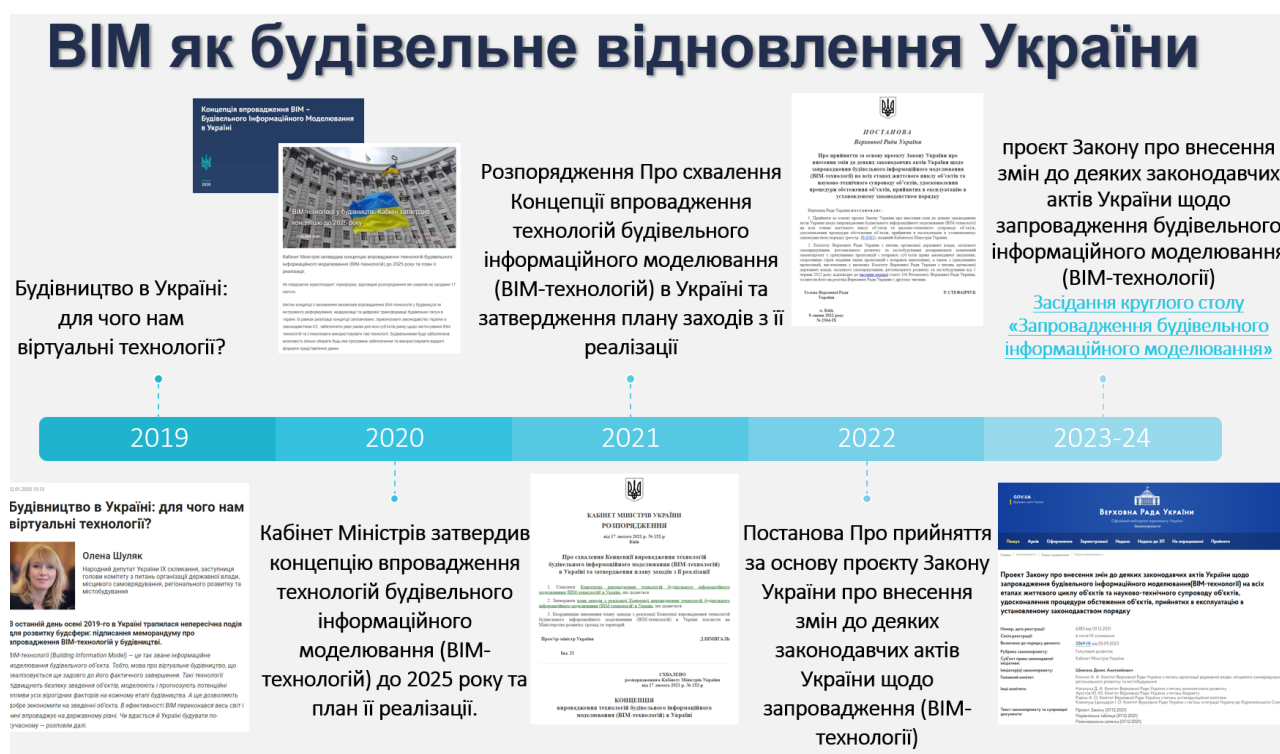


Рис. 2 Хронологія кроків впровадження BIM в Україні (Рис. автора)

План Відновлення України: «Сильна європейська країна - магніт для іноземних інвестицій», спрямований на прискорення стійкого економічного зростання[11], передбачає впровадження BIM як регламентований процес, оскільки для досягнення запланованого результату викликає серію дій, аналізу і значної міжфункціональної координації. Регламент BIM - це процес глибокої цифровізації будівництва. Інформаційне моделювання будівель дозволяє набагато краще керувати інформацією про проєкт, координувати й

контролювати процеси, які зазвичай поділяють на три основні фази: проєктування, будівництво та обслуговування.

BIM - процес, що потребує певного програмного забезпечення для створення моделі, яка буде джерелом цифрових компонентів (об'єктів BIM). Архітектори та інженери в Україні вже давно активно використовують BIM-програмне забезпечення на етапі проєктування, але яка BIM- модель має бути, щоб її використовували під час будівництва, обслуговування чи реновації [12-16]?

BIM є основою цифрової трансформації в будівельній галузі, завдяки чому усі зацікавлені сторони отримують рівний і легкий доступ до інформації про будівельний проєкт. BIM у будівництві надає архітекторам, інженерам, підрядникам і власникам (АЕСО) точну інформацію про фізичні, кількісні та функціональні компоненти будівлі. Зібрані дані в одній моделі дозволяють приймати кращі рішення ще до того, як почнуться роботи на будівельному майданчику.

Різноманітність застосування BIM у галузі - вражає. Більшість людей асоціюють слово «будівля» зі спорудами, які зазвичай включають стіни, дах, вікна, двері, що притаманні житловим будинкам, хмарочосам, виробничим будівлям або лікарням. Але BIM широко використовується для значно більшого спектра будівель та споруд - таких як мости, метро, греблі, стадіони, електростанції та в інших інфраструктурних проєктах. Його можна активно використовувати для дизайну інтер'єра, ландшафтного дизайну (Landscape BIM[17-19]), урбаністики, містобудування та реставрації пам'яток архітектури (Heritage BIM[20, 21]).

Проєктування за BIM- технологією тісно пов'язано з такими елементами як BIM-об'єкти. Об'єкти BIM - це цифрове представлення фізичних продуктів, компонент, які у свою чергу містять багато важливих якісних та кількісних даних, таких як: інформація про продукт, інструкції зі встановлення, споживання енергії, опір матеріалу, екологічне маркування, експлуатаційні витрати, термін служби продукту тощо. Об'єкти BIM часто поділяють на дві категорії точності даних: загальні (уніфіковані) та специфічні (від виробника). Саме ці об'єкти BIM стають будівельними блоками проєкту за BIM- технологією для значної оптимізації та уніфікації будівництва. Без них неможливо створити зважену модель, або сформулювати проєктній команді важливу інформацію про проєкт, таку як вплив будівлі на навколишнє середовище, енергоефективність, стійкість або кошторисні витрати. Зрозуміло, що у деяких країнах відсутність розділу про вплив будівлі на навколишнє середовище може визначити, чи приймуть проєкт взагалі до розгляду на надання дозволу на будівництво. BIM повільно, але впевнено переходить від пілотного впровадження до обов'язкового

застосування. Те ж саме стосується виробників, які у постійній конкуренції пропонують свої BIM- об'єкти, щоб продовжувати змагатися за співпрацю з архітекторами та будівельниками, активно фігурувати в загальних специфікаціях обладнання та матеріалів.

Метою статті є аналіз алгоритмів та впровадження інноваційних технологій в проєктно-будівельну галузь України в умовах відбудови її економіки.

Основна частина. Отже, саме прийняття BIM як стандарт на державному рівні є запорукою стрімкої імплементації технології в практичні кроки відновлення України та її відбудови. Сучасний стан вимагає активного та якісного відновлення втрачених будівель і споруд, пошкоджених внаслідок військових або техногенних дій, із забезпеченням вимог цивільного захисту населення, пожежної безпеки, безбар'єрного пересування, екоефективності тощо. Поодинокі нормативні документи для впровадження BIM вже імплементовані як рекомендовані норми у вигляді ДСТУ, але основний ДБН А.2.2-3:2014 “Склад та зміст проєктної документації на будівництво”[22], в пункті 4.1 дозволяє, але не заохочує використовувати BIM: “4.1 Проєктна документація на будівництво має відповідати положенням законодавства, ... При розробленні проєктної документації може застосовуватися *будівельне інформаційне моделювання*. Вимоги до складу, змісту та обміну інформацією при використанні процесів *будівельного інформаційного моделювання* у проєктуванні визначаються у завданні відповідно до [18]”. В історії оновлення ДБН А.2.2-3:2014 зазначено що посилання “18” долучено в зміні №2 від 01.07.2022: “[18] Стандарти комплексу ДСТУ ISO 19650 (ISO 19650, IDT) Організація та оцифрування інформації щодо будівель та споруд включно з *будівельним інформаційним моделюванням* (BIM). Управління інформацією з використанням *будівельного інформаційного моделювання*, у відкритому доступі на платформі “Портал Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва” не міститься, за пошуком визначаємо що: Офіційне видання розповсюджує національний орган стандартизації (ДП «УкрНДНЦ») (Рис.3).

Отже, впровадження BIM як інструменту відновлення України в будівельній галузі напряму залежить від законодавчих ініціатив, відкритості джерел отримання інформації про BIM стандарти, які адаптовані до застосування в державі, зацікавленості всіх ланок будівельної галузі (проєктування, будівництво, експлуатація), наявності кількості BIM- фахівців та переосмислення глобальної парадигми будівництва на базі BIM- технології.

Каталог нормативних документів | Контакти | Інструкції користування | Сайт УкрНДНЦ

🏠 > Каталог нормативних документів > Результати пошуку

Пошук по параметрам

2 товар(ів) було знайдено за вказаними пошуковими критеріями

Назва: 19650

ДСТУ CEN/TR 17439:2022 (CEN/TR 17439:2020, IDT)	Доступний під замовлення ⓘ
ІНСТРУКЦІЇ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ EN ISO 19650-1 I -2 В ЄВРОПІ	6528.00 грн
	64 стор.
ДСТУ CEN/TR 17654:2022 (CEN/TR 17654:2021, IDT)	Доступний під замовлення ⓘ
НАСТАНОВИ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ ВИМОГ ДО ОБМІНУ ІНФОРМАЦІЄЮ (EIR) І ПЛАНІВ ВИКОНАННЯ BIM (BEP) НА ЄВРОПЕЙСЬКОМУ РІВНІ НА ОСНОВІ EN ISO 19650-1 I -2	5610.00 грн
	55 стор.

Рис. 3 BIM стандарти від “Національний орган стандартизації ДП “УкрНДНЦ”(Рис. автора)

Цей перелік можна розширювати та уточнювати, але залишається визначитись - чи можливо це в умовах відбудови України, та чи є зацікавленість активно впроваджувати BIM? Розглянемо основні кроки для впровадження BIM на етапі проєктування, оскільки це перша ланка будівельної галузі:

1. Підготовка та планування
 - 1.1. Ознайомлення з BIM стандартами, зокрема ДСТУ ISO 19650.
 - 1.2. Встановлення цілей впровадження BIM, таких як підвищення якості проєктів, зниження витрат, покращення комунікації між учасниками проєктів.
 - 1.3. Створення документа, який описує, як буде реалізовано BIM у проєкті (План виконання BIM (BEP), кінцеві результати, аналіз, управління інтерфейсом, комунікаційні та координаційні плани.
2. Організація та управління
 - 2.1. Визначення ролей та обов'язків, таких як менеджер BIM, координатор BIM тощо, що вимагає встановити навчальні та класифікаційні вимоги до професій BIM- фахівців в будівництві.
 - 2.2. Організація спільного середовища для зберігання, управління та обміну інформацією (CDE).

- 2.3. Встановлення рівня потреби в інформації, що включає обсяг і деталізацію необхідної інформації (LOD).
3. Реалізація та контроль
 - 3.1. Створення цифрових моделей активів, які будуть використовуватися на всіх етапах проєкту.
 - 3.2. Забезпечення ефективного обміну інформацією між усіма учасниками проєкту та управління інформаційними потоками.
 - 3.3. Використання інструментів для перевірки якості моделей, виявлення конфліктів та забезпечення відповідності вимогам.
4. Навчання та підготовка
 - 4.1. Загальна підготовка спеціалістів в ЗВО та ЗПТО фахового спрямування.
 - 4.2. Проведення тренінгів для всіх учасників проєкту щодо використання BIM-технологій.
 - 4.3. Забезпечення сертифікації ключових співробітників, відповідальних за впровадження та управління BIM.
5. Підтримка та вдосконалення
 - 5.1. Постійний моніторинг процесу впровадження BIM та оцінка його ефективності.
 - 5.2. Внесення змін та покращень на основі отриманих результатів та зворотного зв'язку.

Ці загальні кроки допоможуть ефективно впровадити BIM у проєктування, заохотити та забезпечуючи високу якість та ефективність кінцевих продуктів. Забезпечення якості інформаційних моделей у контексті BIM є складним і багатогранним процесом, що вимагає інтеграції різних методологій, стандартів та інструментів. Основою для цього є стандарти ISO 19650, які визначають основні принципи та підходи до управління інформацією протягом життєвого циклу будівельних об'єктів, саме тому була виконана адаптація цих стандартів ДП «УкрНДНЦ» (Рис.3).

За наведеними етапами впровадження BIM проведено узагальнення та проаналізовані алгоритми застосування BIM до стандартів ДСТУ ISO 19650-1, 2.

Насамперед важливо встановити чіткі вимоги до якості інформаційних моделей, що включає визначення рівня потреби в інформації - Рівня опрацювання (LOD), який регламентує обсяг і деталізацію даних на різних етапах проєкту. Це дозволяє уникнути надмірного або недостатнього обсягу інформації, що може вплинути на якість кінцевого продукту.

Другим ключовим аспектом є розробка Плану виконання BIM (BEP), який детально описує процеси управління інформацією, включаючи контроль якості. Цей документ має бути узгоджений усіма зацікавленими сторонами проєкту, що

забезпечує єдине розуміння вимог і процедур. Використання спеціалізованих програмних засобів для перевірки моделей на наявність помилок та конфліктів є неодмінною частиною забезпечення якості. Автоматизовані інструменти дозволяють здійснювати регулярні перевірки моделей, що сприяє своєчасному виявленню та виправленню помилок. Верифікація та валідація моделей забезпечують їх відповідність вимогам проєкту та підтверджують точність і повноту даних.

Третьою умовою є впровадження Єдиного інформаційного середовища (CDE), яке відіграє важливу роль у забезпеченні якості, оскільки дозволяє централізовано зберігати, управляти та обмінюватися інформацією між усіма учасниками проєкту. Це забезпечує доступність та актуальність даних, що є критично важливим для прийняття обґрунтованих рішень.

Четвертим етапом є постійний моніторинг процесу контролю якості та оцінка його ефективності, що дозволяє вчасно вносити необхідні зміни та покращення. Це сприяє безперервному вдосконаленню процесів і підвищенню якості інформаційних моделей.

Для розв'язання цих задач запропоновано відкриту спільноту buildingSMART, її стандарти та сервіси, як міжнародну платформу впровадження BIM. OpenBIM сприяє підвищенню продуктивності, покращенню співпраці та контролю витрат у будівельній галузі, забезпечуючи надійний обмін даними та гнучкість у виборі програмних інструментів (Allplan, ArchiCAD, Revit тощо) для застосування BIM- технологій[23] (Рис.4):

1. IFC (Industry Foundation Classes). Це набір стандартів описів елементів в проєкті для будівельної галузі. IFC забезпечує сумісність даних між різними програмними додатками, дозволяючи обмінюватися інформацією про будівельні об'єкти.
2. IDS (Information Delivery Specification). Стандарт для визначення та перевірки вимог до інформації проєкту у інтерпретованій формі, зрозумілій для ПК.
3. BCF (BIM Collaboration Format). Стандартний протокол комунікації для ефективного управління обміном завданнями між учасниками проєктування та координації у BIM- проєктах.
4. SDD (buildingSMART Data Dictionary). Сервіс для публікації та доступу до термінів і визначень, що описують будівельне середовище, з метою підвищення узгодженості даних.
5. Validation. Безплатний ресурс, онлайн-платформа для перевірки файлів IFC, розроблена buildingSMART у співпраці з постачальниками програмного забезпечення та проєктами bSI.

6. UCM (Use Case Management). Сервіс для збереження, специфікації та обміну найкращими кейсами (проектами), що робить їх доступними, як зразок для наслідування у будівельній галузі.



Рис. 4 OpenBIM відкриті стандарти та сервіси від buildingSMART. [23]

За наведеною схемою всі проекти, відповідно до стандарту IFC, мають містити універсальну інформацію про об'єкт будівництва за ієрархією даних важливою для організації та структурування інформації в будівельних проектах. Вона дозволяє зрозуміти, як різні елементи взаємодіють один з одним. Наведемо основні рівні ієрархії даних в IFC[23]:

1. IfcProject - найвищий рівень ієрархії, що представляє проект в цілому, включає загальні дані про проект, такі як назва, опис, склад та інші атрибути.
2. IfcSite - визначає місце розташування проекту, містить інформацію про географічні та топографічні характеристики.
3. IfcBuilding - представляє окрему будівлю в межах проекту на попередньому рівні, може містити кілька поверхів та інших структурних елементів.
4. IfcStorey - визначає окремий поверх будівлі, містить дані про висоту, площу та інші характеристики поверху.
5. IfcSpace - визначає просторові елементи, такі як кімнати або зони в будівлі та включає інформацію про призначення простору, може містити інформацію про опорядження цього простору.
6. IfcElement - охоплює всі елементи будівлі, такі як стіни, перекриття, дахи тощо, де кожен елемент має як загальні, так і свої специфічні атрибути та властивості.

Ця ієрархія дозволяє ефективно управляти даними та забезпечує сумісність між різними програмами, що використовуються в будівництві.

На наступному кроці для організації Плану виконання BIM (BEP), всі частини зведеної моделі треба узгодити за єдиним стандартом і це формує Information Delivery Specification (IDS) - комп'ютерно інтерпретований формат файлів, який визначає вимоги до обміну даними в процесі виконання BIM. IDS є

важливим інструментом у будівельній індустрії, оскільки він забезпечує зв'язок між інформаційними вимогами замовника та BIM-моделлю. IDS використовується для визначення ключових аспектів, визначення вимог до даних (описує формат і набір даних, які повинні містити елементи BIM-моделі), дозволяє автоматично перевіряти чи відповідає інформація в BIM-моделі вимогам замовника. IDS базується на XML-схемі, що робить його зручним для автоматизованих систем і програмного забезпечення, які можуть обробляти дані без ручного втручання. Редактори для IDS дозволяють створювати документи у форматі XML, що спрощує обмін інформацією між учасниками проєкту для забезпечення ефективності та точності в управлінні проєктами в будівництві. Ієрархія даних в Information Delivery Specification (IDS)[23] створена для організації та структурування інформації, за рівнями подібними до IFC:

1. IDS Project - найвищий рівень, що представляє проєкт в цілому, використовується для збереження інформації та узгодження з реєстрами будівель та споруд.
2. Data Requirements - визначає специфікації даних, які необхідні для проєкту та описує, які дані повинні бути включені в BIM-модель.
3. Data Sources - вказує на джерела даних, з яких будуть отримані необхідні параметри, які формати та типи цих даних.
4. Data Exchange - визначає, як дані будуть передаватися між учасниками проєкту, описує формати обміну даними, такі як XML.
5. Validation Rules - включає правила перевірки, які допомагають забезпечити відповідність даних вимогам проєкту, що дозволяє автоматично перевіряти, чи відповідає інформація в BIM-моделі заданим стандартам.

Ця ієрархія допомагає забезпечити чіткість і структурованість в обміні даними, що є критично важливим для успішної перевірки проєктів.

На третьому кроці організовуємо можливість обміну зауваженнями у колаборації учасників проєкту. BIM Collaboration Format (BCF) - це відкритий стандарт, який використовується для ефективної комунікації та співпраці між учасниками в рамках BIM. Основна мета BCF полягає в тому, щоб полегшити обмін інформацією про проблеми та питання, що виникають у процесі роботи з BIM-моделями. BCF дозволяє користувачам різних BIM- та не BIM- додатків спілкуватися та співпрацювати один з одним щодо проблем і тем, пов'язаних з IFC та іншими моделями, дозволяє користувачам додавати коментарі до елементів моделі в IFC, що допомагає відстежувати конфлікти або недоліки в проєкті. Робота з BCF може бути частиною BCP та бути незалежно від 3D-моделі, що означає, що інформація про проблеми може бути передана без необхідності обміну самими моделями. Використання BCF сприяє кращій співпраці між учасниками проєкту, оскільки всі мають доступ до чітко визначених проблем і

коментарів до проблеми, призначення відповідального для її вирішення та час на вирішення тощо. Цей формат даних є важливим для забезпечення ефективності та точності в управлінні, а проєктний менеджмент отримує удосконалений інструмент та свій формат даних для співпраці з BIM- проєктами.

Ієрархія даних в Information Delivery Specification (IDS) створена для організації та структурування інформації, за рівнями подібними до IFC.

Структура даних в BIM Collaboration Format (BCF)[23] є важливою компонентою, щоб систематизовано обмінюватися зауваженнями між учасниками проєкту. Файл містить уніфіковані поля, а саме:

1. BCF Topic - основний елемент в структурі файлу, що представляє конкретну проблему або питання, яке потрібно вирішити, що містить заголовок, опис, а також інформацію про її статус.
2. BCF Viewpoint - містить конкретний вигляд моделі, пов'язану з проблемою. Окрім зображення фрагмента моделі, може включати координати камери, масштаб та інші параметри, що допомагають учасникам зрозуміти контекст проблеми;
3. BCF Comment - дозволяє учасникам додавати текстові коментарі до теми, де містяться поля такі як текст коментаря, дату та інформацію про автора, який створив задачу на редагування моделі.
4. BCF Project - включає загальні дані про проєкт, до якого належать зауваження, інформацію про учасників проєкту та їх ролі.
5. BCF Schema - визначає структуру даних ділянки моделі, включаючи всі елементи та їх взаємозв'язки, до яких додано коментар з зауваженнями.

Ця структура опису даних допомагає забезпечити чіткість в обміні даними, що також є важливим для успішного менеджменту проєктів. Менеджмент в проєктуванні з використанням BIM Collaboration Format (BCF) подається як комплексна стратегія, що базується на парадигмі ефективного обміну інформацією та співпраці між різними учасниками проєкту. Цей процес передбачає використання структурованого формату для документування, обговорення та розв'язання проблем, які виникають на різних етапах проєктування та будівництва.

BCF функціонує як централізоване сховище, де кожна виявлена проблема представлена у вигляді окремої теми, що містить детальний опис, візуальні посилання на модель та історію обговорення. Це забезпечує прозорість та об'єктивність у прийнятті рішень, а також дозволяє учасникам проєкту, незалежно від використовуваного програмного забезпечення, обмінюватися інформацією, коментувати та відстежувати прогрес у розв'язанні проблем. Інтеграція BCF з різними BIM- платформами сприяє покращенню співпраці, зменшенню кількості помилок та підвищенню загальної ефективності

управління проєктом. Таким чином, BCF трансформує традиційні методи комунікації, перетворюючи хаотичний обмін повідомленнями на структурований, прозорий процес, що легко відстежується та позитивно впливає на якість прийняття рішень; загальну ефективність проєктного менеджменту, сприяючи більш успішному завершенню проєкту та оптимізації термінів його погодження[22, 23].

Залучення штучного інтелекту (ШІ) у процес проєктного менеджменту, за допомогою BCF, може суттєво підвищити ефективність і якість комунікації між учасниками проєкту. На алгоритми ШІ можна покласти наступні задачі:

1. Автоматизація рутинних завдань - де ШІ може автоматизувати багато рутинних процесів, таких як створення звітів, моніторинг прогресу та управління завданнями. Це дозволяє проєктним менеджерам зосередитися на технічних аспектах проєкту.
2. Аналіз даних - де ШІ здатен аналізувати великі обсяги даних, що надходять через BCF, виявляючи патерни та тенденції, які можуть бути не очевидними для людей. Це може допомогти в ідентифікації потенційних проблем на ранніх стадіях.
3. Прогнозування ризиків - де з використанням алгоритмів машинного навчання, ШІ може прогнозувати ризики, пов'язані з проєктом, на основі накопичених даних, тестувати в реальному часі, із врахуванням безлічі чинників. Це дозволяє вчасно вжити заходів для їх мінімізації.
4. Покращення комунікації - де ШІ може аналізувати тональність коментарів і запитів учасників проєкту, що дозволяє виявляти проблеми в комунікації та своєчасно їх вирішувати. Це може зменшити конфлікти та покращити співпрацю.
5. Інтелектуальні помічники - впровадження чат-ботів або віртуальних помічників, які можуть відповідати на запити учасників проєкту, надавати інформацію про статус завдань або нагадувати про терміни, може значно спростити процеси виконання.
6. Оптимізація ресурсів - де ШІ може допомогти в оптимізації використання ресурсів, аналізуючи дані про їх використання та пропонуючи рекомендації щодо більш ефективного їх розподілу.

Завдяки цим можливостям, інтеграція штучного інтелекту в проєктний менеджмент за допомогою BCF може не лише підвищити ефективність, але й забезпечити найвищий рівень контролю та прозорості в процесах. Розпізнавання людської мови та наочних образів для управління комп'ютерними додатками (через безпосередню розмову з ПК та жести), запровадження системи інтерактивних підказок, надання пропозицій ШІ по використанню передбачуваних функцій, наступних дій на завершення операцій при машинному

навчанні, екстраполяції проєктних рішень в системах BIM - своєю чергою, сприяє успішному завершенню проєктів і покращенню їх якості[8, 23].

За викладеним дослідженням запропонуємо алгоритм управління проєктуванням у контексті концепції OpenBIM, що передбачає інтеграцію кількох ключових етапів, які забезпечують ефективний обмін інформацією та співпрацю між усіма учасниками.

- Першим етапом є подача проєкту в форматі IFC в якості єдиного універсального джерела інформації. Цей формат дозволяє структурувати дані про проєкт таким чином, щоб вони були зрозумілі та доступні для різних програмних платформ, що використовуються учасниками проєкту.
- Наступним етапом є перевірка проєкту за допомогою IDS. Ця специфікація визначає вимоги до інформації, яка повинна бути надана в рамках проєкту - для забезпечення відповідності встановленим стандартам і вимогам, а також для виявлення потенційних проблем на ранніх стадіях. Використання IDS дозволяє автоматизувати процес перевірки, що зменшує ймовірність помилок і підвищує якість проєкту.
- Останнім етапом є узгодження проєкту за допомогою BCF. Формат обміну BIM даними забезпечує структурований механізм фіксації проблем, що виникають під час проєктування. Цей етап сприяє покращенню комунікації та співпраці, оскільки всі учасники мають доступ до актуальної інформації про статус проєкту та виявлені проблеми.

ISO 19650-1, 2 визначає принципи та вимоги до управління інформацією будівельних проєктів, з акцентом на співпрацю та обмін даними. Він підкреслює важливість використання відкритих стандартів для обміну інформацією:

- Подача проєкту в IFC відповідає цій вимозі, оскільки IFC є міжнародно визнаним форматом, що забезпечує сумісність між різними програмними платформами. Важливо, щоб дані, подані в IFC, відповідали вимогам до структури та змісту єдиного стандарту;
- Важливим інструментом для забезпечення відповідності проєкту вимогам ISO 19650 є контроль за допомогою IDS, в якому визначається, яку інформацію потрібно надати, в якій формі та в які терміни;
- На етапі контролю та узгодження проєкту застосовуємо BCF, який відповідає принципам ISO 19650, які акцентують на важливості комунікації та співпраці між учасниками проєкту. Використання BCF дозволяє всім учасникам проєкту мати доступ до актуальної інформації, що сприяє своєчасному усуненню помилок.

Висновки. Таким чином, алгоритм управління проєктуванням, що включає подачу проєкту в IFC, перевірку за допомогою IDS та узгодження через BCF, може бути успішно узгоджений з вимогами ISO 19650. Цей підхід забезпечує інтеграцію відкритих стандартів, автоматизацію процесів перевірки та покращення комунікації, створює інтегровану платформу для ефективного обміну інформацією та співпраці, що є основою концепції OpenBIM. Відкритість підходу відкриває шляхи для інтеграції із III, що не лише підвищує якість проєктів, але й забезпечує їх своєчасне вдале завершення, зменшуючи ризики та конфлікти між учасниками.

Дослідивши наукові публікації та глобальні джерела, авторами узагальнено алгоритм роботи з BIM- проєктами, що узгоджується з концепцією OpenBIM, відповідає ДСТУ ISO 19650 (ISO 19650, IDT) “Організація та оцифрування інформації щодо будівель та споруд включно з будівельним інформаційним моделюванням (BIM)”, і є прозорою альтернативою з відкритим доступом. Для ефективного відновлення України є необхідність зробити BIM не тільки популярним, а й відкритим з боку держави. Всі, без виключення, нормативні документи в будівництві мають бути відкритими, оцифрованими та опублікованими на Порталі Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва (ЄДЕССБ), про що свідчать наведені дослідження та попередні посилання [9–11, 13, 16].

BIM - це майбутнє. Постійно з’являються нові вимоги, але і додаткові технології у будівництві, крок за кроком дивуючи своєю досконалістю чи перспективами. Будівельна галузь перебуває в постійному змаганні з низькою продуктивністю та високими витратами, отже, удосконалення шляхів вирішення, системи оптимізації галузі залишається вкрай важливою.

І якщо спиратися та впроваджувати розвиток сучасних світових викликів, зосередитися на підвищенні рівня цифровізації, впровадження III та сучасних політик організації проєктування та будівництва - ми станемо власниками та операторами високоінтелектуальних систем із впевненим поглядом України у майбутнє.

Список літератури

1. Building Information Modelling (BIM), BIM Dictionary: URL: <https://bimdictionary.com/en/building-information-modelling/2BIM> (дата звернення: 29.10.2022).
2. Handbook – EU BIM Task Group: URL: <https://eubim.eu/handbook-selection> (дата звернення: 08.05.2025).
3. Ukrainian Handbook – EU BIM Task Group: URL: <https://eubim.eu/handbook-selection/ukrainian-handbook> (дата звернення: 08.05.2025).

4. BIM in Construction: Q4 2023 Market Research Report: URL: <https://www.usp-research.com/market-reports/european-architectural-barometer/bim-in-construction-q4-2023/Usp> (дата звернення: 25.08.2024).
5. Global BIM Survey: U.S. market is maturing as advances wake imaginations: URL: <https://agacad.com/blog/global-bim-survey-u-s-market-is-maturing-as-advances-wake-imaginations> (дата звернення: 25.08.2024).
6. Global BIM Survey: Japan seeks its own path to digital construction: URL: <https://agacad.com/blog/global-bim-survey-japan-seeks-its-own-path-to-digital-construction> (дата звернення: 25.08.2024).
7. Ukrainian BIM Community: URL: <https://www.linkedin.com/company/biminua> (дата звернення: 05.05.2025).
8. Leach N. Architecture in the Age of Artificial Intelligence: An introduction to AI for architects. Bloomsbury Publishing Plc, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5040/9781350165557>
9. Відновлення та відбудова України - Європейська комісія: URL: https://eu-solidarity-ukraine.ec.europa.eu/eu-assistance-ukraine/recovery-and-reconstruction-ukraine_uk (дата звернення: 25.08.2024).
10. Комітет з питань організації державної влади. Засідання круглого столу “Запровадження будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій)”: URL: <https://www.youtube.com/watch?v=0cl-yFfTVak> (дата звернення: 25.08.2024).
11. План відновлення України: URL: <https://recovery.gov.ua> (дата звернення: 25.08.2024).
12. Demian P., Hassan T. M., Kalmykov O., et al. BIM Implementation in Post-War Reconstruction of Ukraine. Buildings. 2024. Т. 14, № 11. Р. 3495. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings14113495>
13. Білов В.А., Левченко О.В. BIM як анатомія для будівлі. Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування. 2024. № 70. С. 32–45. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2024.70.32-45>
14. Bilov V., Goi V., Mamonov K., et al. Advantages of building information modeling (bim) during the operational life. Revista Amazonia Investiga. 2023. Т. 12, № 68. Р. 346–363. DOI: <https://doi.org/10.34069/AI/2023.68.08.32>
15. Trach R., Pawluk K., Lendo-Siwicka M. The assessment of the effect of BIM and IPD on construction projects in Ukraine. International Journal of Construction Management. 2022. Т. 22, № 10. Р. 1844 – 1851. DOI: <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1742636>
16. Левченко О.В., Михайленко А.В. BIM-технології в закладах вищої освіти рівня підготовки бакалавр та магістр. Сучасні проблеми Архітектури та

Містобудування. 2022. № 62. С. 152–170. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2022.62.152-170>

17. Levchenko O., Antonenko N., Kosarevska R. Ways to Overcome the Implementation Problems of BIM - Technology Related to the National Standards in the Architectural and Building Industry of Ukraine. *Architecture, Civil Engineering, Environment*. 2022. Т. 15, № 1. P. 29–38. DOI: <https://doi.org/10.21307/acee-2022-003>

18. Mitera-Kiełbasa E., Zima K. BIM Policy Trends in Europe: Insights from a Multi-Stage Analysis. *Applied Sciences*. 2024. Т. 14, № 11. P. 4363. DOI: <https://doi.org/10.3390/app14114363>

19. Fritsch M., Clemen C., Kaden R. 3d Landscape objects for Building Information Models (BIM). *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2019. Т. IV-4/W8. P. 67–74. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-4-W8-67-2019>

20. Kysil O., Kosarevska R., Levchenko O. The innovation of accounting and certification of historic architectural monuments using BIM technology. *Budownictwo i Architektura*. 2020. Т. 19, № 2. P. 005–018. DOI: <https://doi.org/10.35784/bud-arch.888>

21. Pletsan K., Havryliuk A., Poberezhets H., et al. Digital Transformation of Preservation and Restoration of Ukraine's Cultural Heritage. *Studies in Media and Communication*. 2023. Т. 11, № 7. P. 376. DOI: <https://doi.org/10.11114/smc.v11i7.6514>

22. ДБН А.2.2-3:2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво»: URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3192355188719486804 (дата звернення: 04.02.2025).

23. openBIM - buildingSMART International: URL: <https://www.buildingsmart.org/about/openbim> (дата звернення: 03.05.2025).

References

1. Building Information Modelling (BIM), BIM Dictionary. (2020). BIM Dictionary. Retrieved October 29, 2022, from <https://bimdictionary.com/en/building-information-modelling/2> (in English)

2. Handbook – EU BIM Task Group. (2018). Retrieved May 8, 2025, from <https://eubim.eu/handbook-selection/> (in English)

3. Ukrainian Handbook – EU BIM Task Group. (2020). Retrieved May 8, 2025, from <https://eubim.eu/handbook-selection/ukrainian-handbook/> (in English)

4. BIM in Construction: Q4 2023 Market Research Report. (2023). Usp. Retrieved August 25, 2024, from <https://www.usp-research.com/market-reports/european-architectural-barometer/bim-in-construction-q4-2023/> (in English)

5. Global BIM Survey: U.S. market is maturing as advances wake imaginations. (2021). Retrieved August 25, 2024, from <https://agacad.com/blog/global-bim-survey-u-s-market-is-maturing-as-advances-wake-imaginations> (in English)
6. Global BIM Survey: Japan seeks its own path to digital construction. (2022). Retrieved August 25, 2024, from <https://agacad.com/blog/global-bim-survey-japan-seeks-its-own-path-to-digital-construction> (in English)
7. Ukrainian BIM Community. (2019). Retrieved May 8, 2025, from <https://www.linkedin.com/company/biminua/> (in English)
8. Leach, N. (2021). *Architecture in the Age of Artificial Intelligence: An introduction to AI for architects* (1st ed.). Bloomsbury Publishing Plc. <https://doi.org/10.5040/9781350165557> (in English)
9. Vidnovlennia ta vidbudova Ukrainy. (2024). [Recovery and reconstruction of Ukraine - European Commission.] Retrieved August 25, 2024, from https://eu-solidarity-ukraine.ec.europa.eu/eu-assistance-ukraine/recovery-and-reconstruction-ukraine_uk (in English)
10. Committee on the Organization of Government State. (2023). Zasedannia kruhloho stolu “Zaprovadzhennia budivelnoho informatiinoho modeliuvannia (BIM-tekhnologii)”, [Round table meeting “Implementation of building information modeling (BIM technologies)”] from <https://www.youtube.com/watch?v=0cl-yFfTVak> (in Ukrainian)
11. Plan vidnovlennia Ukrainy. (2024). [Ukraine's recovery plan]. Retrieved August 25, 2024, from <https://recovery.gov.ua/> (in Ukrainian)
12. Demian, P., Hassan, T. M., Kalmykov, O., Demianenko, I., & Makarov, R. (2024). BIM Implementation in Post-War Reconstruction of Ukraine. *Buildings*, 14(11), 3495. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings14113495> (in English)
13. Bilov, V., Levchenko, O. (2024). BIM as anatomy for a building. *Current Problems of Architecture and Urban Planning*, (70), 32–45. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2024.70.32-45> (in Ukrainian)
14. Bilov, V., Goi, V., Mamonov, K., Tregub, O., & Levchenko, O. (2023). Advantages of building information modeling (bim) during the operational life. *Revista Amazonia Investiga*, 12(68), 346–363. DOI: <https://doi.org/10.34069/AI/2023.68.08.32> (in English)
15. Trach, R., Pawluk, K., & Lendo-Siwicka, M. (2022). The assessment of the effect of BIM and IPD on construction projects in Ukraine. *International Journal of Construction Management*, 22(10), 1844–1851. DOI: <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1742636> (in English)
16. Levchenko, O., Mykhailenko, A. (2022). BIM- technologies in the curricula of higher educational institutions of the bachelor's and master's level. *Current Problems*

of Architecture and Urban Planning, (62), 152–170. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2022.62.152-170> (in Ukrainian)

17. Levchenko, O., Antonenko, N., & Kosarevska, R. (2022). Ways to Overcome the Implementation Problems of BIM- Technology Related to the National Standards in the Architectural and Building Industry of Ukraine. *Architecture, Civil Engineering, Environment*, 15(1), 29–38. DOI: <https://doi.org/10.21307/acee-2022-003> (in English)

18. Mitera-Kielbasa, E., & Zima, K. (2024). BIM Policy Trends in Europe: Insights from a Multi-Stage Analysis. *Applied Sciences*, 14(11), 4363. DOI: <https://doi.org/10.3390/app14114363> (in English)

19. Fritsch, M., Clemen, C., & Kaden, R. (2019). 3d Landscape objects for Building Information Models (BIM). *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, IV-4/W8, 67–74. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-4-W8-67-2019> (in English)

20. Kysil, O., Kosarevska, R., & Levchenko, O. (2020). The innovation of accounting and certification of historic architectural monuments using BIM technology. *Budownictwo i Architektura*, 19(2), 005–018. DOI: <https://doi.org/10.35784/bud-arch.888> (in English)

21. Pletsan, K., Havryliuk, A., Poberezhets, H., Yurova, T., Bilov, V., & Polotnianko, O. (2023). Digital Transformation of Preservation and Restoration of Ukraine's Cultural Heritage. *Studies in Media and Communication*, 11(7), 376. DOI: <https://doi.org/10.11114/smc.v11i7.6514> (in English)

22. DBN A.2.2-3:2014 “Sklad ta zmist proektnoi dokumentatsii na budivnytstvo.” (2023). [GCN A.2.2-3:2014 “Composition and Content of Design Documentation for Construction”.] Retrieved February 4, 2025, from https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3192355188719486804 (in Ukrainian)

23. openBIM - buildingSMART International. (2025, January 27). <https://www.buildingsmart.org/about/openbim/> (in English)

Abstract

Oleksii Levchenko, Candidate of Sciences (comparable to the academic degree of Doctor of Philosophy, Ph.D.) of architecture, Associate Professor of the Department of Information Technologies in Architecture, Kyiv National University of Construction and Architecture.

Andriy Mykhailenko, Candidate of Sciences (comparable to the academic degree of Doctor of Philosophy, Ph.D.) of architecture, Associate Professor of the Department of Information Technologies in Architecture, Kyiv National University of Construction and Architecture.

Anton Cherevatyi, Masters of Environmental protection technology, Kyiv National University of Construction and Architecture.

BIM for the Sustainable Reconstruction of Ukraine

The article explores the concept of implementing Building Information Modeling (BIM) technology within the framework (as a strategic instrument) of the digital transformation of Ukraine's construction sector, particularly in the context of large-scale post-war recovery. The authors emphasize the evolution of BIM from an innovative methodology to a mandatory instrument of public policy and international cooperation. The study analyzes global practices and standards, especially ISO 19650, which have been adapted for the Ukrainian context, and examines practical cases of their application. Special attention is given to the integration of BIM with advanced digital technologies, particularly artificial intelligence, which significantly enhances the functionality and efficiency of design and construction processes. The article highlights the role of BIM across all phases of a building's lifecycle—from planning to construction and operation—focusing on data standardization, information flow management, digital coordination between project participants, and the unification of BIM objects for environmental and energy performance assessments. In the context of Ukraine's recovery, BIM is regarded as a critical factor for transparent budgeting, technical interoperability with EU standards, and ensuring the quality and speed of project delivery.

The current legal and regulatory framework in Ukraine, including the adaptation of DSTU ISO 19650, is reviewed, along with the challenges of its implementation. Practical aspects of BIM adoption are outlined, including the use of IFC for model structuring, IDS for validation, and BCF for stakeholder communication. The authors propose a BIM project management algorithm aligned with the OpenBIM concept, which includes requirements for digital models, validation tools, a common data environment, and cross-platform compatibility.

The conclusion asserts that BIM is not merely a technological solution but a fundamental driver of construction industry reform, enabling sustainability, safety, cost-effectiveness, and high-quality project outcomes. The article provides step-by-step recommendations for BIM implementation, including workforce development, regulatory advancement, digital infrastructure, and the use of open international platforms such as OpenBIM and buildingSMART. As such, the publication serves as a practical and strategic guide for construction professionals, policymakers, and researchers engaged in architectural innovation in Ukraine.

Keywords: Ukraine; BIM; reconstruction; model; management; project; coordination; digital transformation; construction sector; sustainable design.