



Н. С. Бушуєва

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І
АРХІТЕКТУРИ
(КНУБА)



MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE
OF UKRAINE

KYIV NATIONAL UNIVERSITY
OF CONSTRUCTION
AND ARCHITECTURE
(KNUCA)



Н. С. Бушуєва

ВІМ ПРОЦЕСНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Київ 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет
будівництва і архітектури

Н. С. Бушуєва

ВІМ ПРОЦЕСНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ

*Рекомендовано вченою радою
Київського національного університету
будівництва і архітектури як навчальний посібник
для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти
за спеціальністю G19 «Будівництво та цивільна інженерія»
освітньо-наукової програми
«Будівельно-архітектурне інформаційне
моделювання, BIM процесний менеджмент»*

Київ 2025

УДК 624.041:004.9]:[658.5:005.584.1]](075.8)
Б 96

Рецензенти:

О. В. Веренич, д-р техн. наук, професор, Київський національний університет будівництва і архітектури;

О. Б. Зачко, д-р техн. наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності;

І. І. Перегінець, к. т.н., керівник відділення «Міжгалузовий науково — виробничий кластер інноваційного будівництва». Директор НТЦ АБУ

*Затверджено на засіданні вченої ради
Київського національного університету
будівництва і архітектури,
протокол № від червня 2025 року*

Бушуєва Н. С.

ВІМ процесний менеджмент. Навч. посіб. / Н. С. Бушуєва — Київ.
Б 96 КНУБА, 2025 — 104 с.
ISBN 978-966-986-778-0

Розглянуті основні принципи та ВІМ процеси в менеджменті проєктів, стандарти щодо процесного підходу для ознайомлення з теоретичними засадами та практичними аспектами застосування ВІМ-технологій у поєднанні з ефективними інструментами процесного менеджменту. Наведено приклади розв'язання задач і запитання для самоконтролю.

Призначено для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю G19 Будівництво та цивільна інженерія

УДК 005

*Disclaimer: The European Commission's support
for the production of this publication does not constitute an endorsement
of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission
cannot be held responsible for any use which may be made
of the information contained therein.*

ISBN 978-966-986-778-0

© Н.С. Бушуєва, 2025
© КНУБА, 2025

Зміст

Передмова	4
Вступ	6
Загальні положення	8
Розділ 1. Основи BIM-технологій. Основи процесного менеджменту	9
Розділ 2. BIM в управлінні життєвим циклом будівельного об'єкта	20
Розділ 3. Організаційні та управлінські аспекти впровадження BIM	39
Розділ 4. Приклади використання вім та переваги інтегрованого застосування BIM та ІІІ	57
Висновки	90
Підсумковий контроль	92
Список літератури	100
Додатки	103

Передмова

Сучасна будівельна індустрія перебуває на порозі революційних змін, зумовлених стрімким розвитком цифрових технологій. Традиційні методи проектування, будівництва та експлуатації, що покладалися на двовимірні креслення та розрізнені дані, поступово відходять у минуле, поступаючись місцем інтегрованим та високоефективним підходам. У цьому контексті Технології Інформаційного Моделювання Будівель (Building Information Modeling — BIM) виступають не просто як набір програмних інструментів, а як комплексна методологія, що трансформує весь життєвий цикл об'єкта нерухомості.

BIM — це більше, ніж 3D-модель. Це інтелектуальний цифровий об'єкт, який містить усі необхідні дані про фізичні та функціональні характеристики будівлі. Він дозволяє не тільки візуалізувати проект, а й ефективно керувати інформацією, що забезпечує безпрецедентний рівень координації, зниження ризиків, оптимізацію витрат та часу на всіх етапах життєвого циклу об'єкта — від ідеї до демонтажу.

Однак, для повноцінного розкриття потенціалу BIM-технологій необхідне глибоке розуміння та впровадження процесного менеджменту. Адже навіть найсучасніші технології виявляються неефективними без чітко налагоджених робочих процесів, стандартизованої взаємодії між учасниками проекту та грамотного розподілу відповідальності. Саме симбіоз BIM та принципів процесного менеджменту дозволяє створити синергію, яка перетворює складні будівельні проекти на керовані, передбачувані та успішні ініціативи.

Цей навчальний посібник (обсягом 6 кредитів ECTS) є поглибленим курсом, розробленим для ознайомлення з теоретичними засадами та практичними аспектами застосування BIM-технологій у поєднанні з ефективними інструментами процесного менеджменту. Він покликаний надати студентам всебічні знання та практичні навички, необхідні для успішної адаптації до вимог сучасної цифрової будівельної екосистеми. Ви навчитесь не тільки використовувати BIM-інструменти, а й мислити системно, оптимізувати процеси

та керувати проектами таким чином, щоб максимізувати їхню ефективність та успіх.

Ми віримо, що набуті знання стануть міцним фундаментом для вашої майбутньої професійної діяльності та дозволять вам зробити значний внесок у розвиток будівельної галузі.

Вступ

Сучасне суспільство стрімко рухається шляхом цифрової трансформації, що охоплює всі сфери життя — від економіки та державного управління до освіти та повсякденних комунікацій. Будівельна галузь, традиційно одна з найбільш консервативних, сьогодні переживає власну цифрову революцію, центральним елементом якої є **Технології Інформаційного Моделювання Будівель (Building Information Modeling — BIM)**.

BIM — це не просто набір програмних інструментів для створення тривимірних моделей. Це комплексна методологія та філософія управління проектом, що базується на створенні та використанні єдиної, скоординованої та інтелектуальної цифрової моделі об'єкта. Ця модель містить усі необхідні дані про фізичні та функціональні характеристики будівлі чи інфраструктурного об'єкта протягом усього його життєвого циклу — від початкової концепції та проектування, через будівництво та експлуатацію, аж до демонтажу. Впровадження BIM дозволяє кардинально підвищити прозорість, ефективність, точність та якість будівельних проектів, мінімізуючи помилки, ризики та перевитрати ресурсів.

Однак, справжній потенціал BIM-технологій розкривається лише в синергії з іншими передовими цифровими інструментами, серед яких ключове місце посідає **Штучний Інтелект (ШІ)**. Застосування ШІ виводить BIM за межі простого моделювання та управління інформацією, відкриваючи можливості для.

- **Автоматизованої оптимізації.** ШІ здатен аналізувати величезні обсяги даних BIM-моделей та генерувати оптимальні рішення для проектування, розподілу ресурсів, енергоефективності чи конструктивної міцності, часто перевершуючи людські можливості.

- **Прогнозного аналізу.** ШІ може прогнозувати потенційні ризики, затримки чи проблеми ще до їх виникнення, використовуючи історичні дані та машинне навчання, що дозволяє приймати проактивні управлінські рішення.

- **Інтелектуального управління.** ШІ дозволяє автоматизувати рутинні процеси, підвищити точність кошторисів, оптимізувати логістику

та навіть керувати експлуатацією об'єктів у режимі реального часу, зокрема в концепції «розумних міст» через «цифрові двійники».

Таким чином, інтеграція BIM та III стає рушійною силою у цифровій трансформації будівельної галузі, перетворюючи її на більш інноваційну, сталу та ефективну сферу. Це не лише змінить спосіб проектування та будівництва, а й глибоко вплине на управління міською інфраструктурою, якість життя мешканців та економічний розвиток усього суспільства. Україна, з її амбітними планами відбудови, має унікальну можливість використати цей інноваційний тандем для створення сучасної, прозорої та ефективної будівельної екосистеми.

Загальні положення

Навчальний посібник базується на застосуванні сучасних підходів до BIM проектування з застосуванням процесного менеджменту, зокрема міжнародних стандартів, які містить керівництво для тих елементів, концепцій і практичних результатів BIM проектування, для яких важливою є реалізація і які впливають на управління загалом та є визначними у світовій практиці загального процесного менеджменту. Цей посібник розглядає процеси BIM в управлінні життєвим циклом будівельного об'єкта, на всіх його фазах, організаційні та управлінські аспекти впровадження BIM як основу для обговорення їх впливу.

Створення і підтримка процедур забезпечення процесного менеджменту для досягнення поставленої мети і продукту вимагає системного підходу. Цей підхід має орієнтуватися на те, що потреби споживача і інших зацікавлених осіб зрозумілі і враховані в процесі впровадження BIM технологій.

Також розглянуто підхід застосування елементів Штучного інтелекту для проектів різної складності, величини, тривалості, в різних галузях і незалежно від типу проекту, що розглядається, включаючи апаратне, програмне забезпечення, послуги або їх поєднання. Це передбачає можливість використання матеріалів, що містяться в посібнику застосовувати до конкретного проекту, в якому буде застосовуватися BIM

Розділ 1.

Основи BIM-технологій.

Основи Процесного Менеджменту

1.1. Визначення та Концепції BIM

Цей підрозділ закладає фундаментальне розуміння того, що таке BIM, як воно розвивалося і чому стало ключовою парадигмою в сучасній будівельній індустрії.

Визначення BIM, історія розвитку, ключові поняття

— **Визначення BIM (Building Information Modeling).** BIM — це не просто програмне забезпечення чи 3D-модель. Це інтегрований процес створення, управління та використання **інформаційної моделі будівельного об'єкта** протягом усього його життєвого циклу. Він охоплює всі етапи. від початкової концепції, проектування, будівництва, експлуатації та технічного обслуговування до знесення. Основна ідея полягає в тому, що кожен елемент моделі є не просто графічним об'єктом, а носієм великого обсягу неграфічної інформації (параметри, характеристики, вартість, часові дані тощо), яка може бути використана різними учасниками проекту.

— **Історія розвитку.** Хоча термін «BIM» набув широкого поширення у 2000-х роках, його коріння сягає 1970-х, коли почали з'являтися перші концепції інтегрованих баз даних для проектування. Професор Чарльз Істман з Технологічного інституту Джорджії вважається одним з піонерів, який розробив одні з перших систем, що інтегрували графічні та неграфічні дані. Розвиток технологій, таких як CAD (Computer-Aided Design) і вдосконалення апаратного забезпечення, поступово проклали шлях до сучасних BIM-систем. Значний поштовх до поширення BIM дало усвідомлення необхідності підвищення ефективності та зменшення відходів у будівельній галузі.

— Ключові поняття.

- **Цифрова модель (Digital Model).** Це тривимірне геометричне представлення будівельного об'єкта. Вона є візуальною основою, але в контексті BIM вона є лише частиною більшої інформаційної

моделі. Кожен елемент моделі (стіна, двері, вікно, інженерна система) має свою форму, розміри та просторове розташування.

- **Інформаційна модель (Information Model).** Це розширена цифрова модель, що містить не тільки графічні, а й великий обсяг семантичних даних. Наприклад, стіна в інформаційній моделі буде знати не тільки свою довжину та висоту, а й тип матеріалу, теплопровідність, виробника, вартість, термін служби, проти-пожежні характеристики тощо. Ці дані дозволяють виконувати різні аналізи (енергетичні, вартісні, структурні), автоматично генерувати специфікації та кошториси.
- **Життєвий цикл об'єкта (Lifecycle of an Asset).** BIM-технологія охоплює всі стадії існування будівельного об'єкта, що традиційно поділяються на:
 1. **Планування та концепція.** Формування ідеї, аналіз ділянки, техніко-економічне обґрунтування.
 2. **Проектування.** Архітектурне, конструктивне, інженерне проектування, розробка документації.
 3. **Будівництво.** Управління проектом, постачання, монтаж, контроль якості.
 4. **Експлуатація та обслуговування.** Управління будівлею (Facility Management), ремонт, модернізація, енергоменеджмент.
 5. **Знесення/Утилізація.** Демонтаж, переробка матеріалів. BIM забезпечує безперервний потік інформації між цими етапами, що є її найбільшою перевагою.

Порівняння BIM з традиційними методами проектування та будівництва

— Традиційні методи (2D CAD)

- **Фрагментованість інформації.** Креслення створюються незалежно (плани, розрізи, фасади), і інформація часто дублюється або не синхронізується.
- **Ручні перевірки та координація.** Виявлення колізій (перетинів інженерних систем, конструкцій) відбувається вручну, що призводить до помилок, переробок і затримок.
- **Часті помилки.** Людський фактор відіграє значну роль, оскільки багато операцій виконуються вручну.

- **Складність внесення змін.** Зміна одного елемента вимагає ручного оновлення всіх пов'язаних креслень і специфікацій, що є трудомістким і схильним до помилок.
- **Обмежені можливості аналізу.** Більшість аналізів (наприклад, енергетичних) потребують експорту даних у спеціалізовані програми та повторного введення даних.
- **Обмежені можливості аналізу.** Кожен відділ має свій набір даних, що ускладнює співпрацю.

— BIM-методологія

- **Єдина інтегрована модель.** Уся інформація про проект зберігається в єдиній, централізованій інформаційній моделі. Зміни в одному місці автоматично відображаються у всіх пов'язаних видах (планах, розрізах, відомостях).
- **Автоматична координація та виявлення колізій.** Програмне забезпечення може автоматично виявляти просторові колізії та інші конфлікти, що значно зменшує кількість помилок на етапі будівництва.
- **Покращена візуалізація та комунікація.** 3D-модель з насиченою інформацією дозволяє краще зрозуміти проект усім зацікавленим сторонам, що полегшує комунікацію та прийняття рішень.
- **Швидке внесення змін.** Зміни в моделі оновлюються автоматично, що економить час і зменшує ризик помилок.
- **Розширені можливості аналізу.** BIM-модель може бути безпосередньо використана для проведення різноманітних аналізів (енергетичних, сонячних, структурних, вартісних), оптимізуючи проектні рішення.
- **Дані для життєвого циклу.** Інформація з BIM-моделі є цінним активом для експлуатації та управління будівлею.

Переваги та недоліки впровадження BIM

— Переваги впровадження BIM

- **Оптимізація витрат та термінів.** Раннє виявлення помилок, краще планування будівництва (моделювання 4D — час), оптимізація матеріалів (5D — вартість) призводять до значного зниження витрат та скорочення термінів реалізації проекту.

- **Покращення якості проекту.** Більш точні та узгоджені проектні рішення, зменшення кількості переробок на будівельному майданчику.
 - **Підвищення ефективності співпраці.** Всі учасники проекту (архітектори, інженери, підрядники, замовники) працюють з єдиним джерелом інформації, що забезпечує прозорість, кращу комунікацію та взаєморозуміння.
 - **Краще управління ризиками.** Можливість візуалізувати та аналізувати потенційні проблеми до початку будівництва.
 - **Стійкість та енергоефективність.** BIM дозволяє інтегрувати дані про матеріали та системи для оптимізації енергоспоживання та екологічності будівлі.
 - **Цінність для експлуатації.** Інформація з моделі може бути використана для ефективного управління об'єктом після завершення будівництва (Facility Management), включаючи планування обслуговування, відстеження активів та енергоменеджмент.
 - **Конкурентна перевага.** Компанії, що впроваджують BIM, отримують перевагу на ринку, оскільки вони можуть пропонувати більш якісні та ефективні послуги.
- **Недоліки (виклики) впровадження BIM**
- **Високі початкові інвестиції.** Придбання програмного забезпечення (наприклад, Autodesk Revit, ArchiCAD, Tekla Structures), потужного обладнання, а також значні витрати на навчання персоналу.
 - **Складність переходу.** Зміна усталених робочих процесів та звичок, що вимагає часу та зусиль. Це не просто освоєння нової програми, а зміна всієї парадигми проектування та управління.
 - **Потреба в кваліфікованому персоналі.** Бракує фахівців з глибокими знаннями BIM-процесів та інструментів. Компанії повинні інвестувати у навчання або залучати нових спеціалістів.
 - **Проблеми сумісності та інтероперабельності.** Хоча є стандарти (наприклад, IFC — Industry Foundation Classes), повна сумісність між різними програмними продуктами все ще може бути викликом.

- **Опір змінам.** Деякі співробітники можуть чинити опір впровадженню нових технологій через інертність або небажання вивчати щось нове.
- **Необхідність стандартизації.** Для ефективного впровадження BIM у компанії потрібні чіткі внутрішні стандарти та протоколи роботи.

В цілому, переваги BIM значно переважають недоліки в довгостроковій перспективі, роблячи його незамінним інструментом для майбутнього будівельної індустрії. Розуміння цих аспектів є ключовим для успішного впровадження та використання BIM-технологій.

1.2. Основи Процесного Менеджменту

Цей розділ присвячений глибокому розумінню процесного підходу в управлінні, що є критично важливим для ефективного впровадження та використання BIM-технологій у будівельній галузі. Адже BIM — це не лише про програмне забезпечення, а й про оптимізацію робочих процесів.

Концепції та Методології Процесного Менеджменту

Визначення процесу, класифікація процесів, учасники процесу

— **Визначення процесу.** У контексті менеджменту, **процес** — це послідовність взаємопов'язаних дій, що перетворюють вхідні ресурси (матеріали, інформація, люди) на вихідні результати (продукти, послуги, рішення), які мають цінність для внутрішніх чи зовнішніх клієнтів. Кожен процес має чітко визначені межі, входи, виходи та власника.

— **Класифікація процесів.** Процеси можна класифікувати за різними критеріями.

— За цільовим призначенням

- **Основні (операційні) процеси.** Безпосередньо створюють цінність для кінцевого клієнта. Наприклад, проектування будинку, будівництво фундаменту.
- **Допоміжні (підтримувальні) процеси.** Забезпечують функціонування основних процесів, але не створюють безпосередньої

цінності для клієнта. Наприклад, управління персоналом, IT-підтримка, бухгалтерський облік.

- **Управлінські процеси.** Регулюють і координують інші процеси, забезпечують стратегічне планування та контроль. Наприклад, стратегічне планування компанії, управління якістю.
- **За рівнем деталізації.** Макропроцеси, підпроцеси, операції.
- **За ступенем автоматизації.** Ручні, автоматизовані, гібридні.

— **Учасники процесу.** До ключових учасників процесу відносяться.

- **Власник проц.** Особа або підрозділ, що відповідає за ефективність процесу та його результати, має повноваження для його вдосконалення.
- **Виконавці процесу.** Співробітники, які безпосередньо виконують дії в рамках процесу.
- **Постачальники.** Надають вхідні ресурси для процесу.
- **Клієнти.** Отримують вихідні результати процесу (як внутрішні, так і зовнішні).
- **Зацікавлені сторони.** Всі, хто має інтерес або вплив на процес.

— **Методології опису процесів (IDEF, BPMN, EPC)**

Для візуалізації та документування процесів використовуються спеціалізовані нотації.

- **IDEF (Integration DEFinition for Function Modeling).** Це сімейство стандартів моделювання, розроблене ВПС США. IDEF0 використовується для функціонального моделювання, фокусуючись на діях та інформаційних потоках. Вона ефективна для опису верхнього рівня процесів, показуючи, що робиться і як це пов'язано. Використовує блоки для функцій та стрілки для входів, виходів, контролю та механізмів.
- **BPMN (Business Process Model and Notation).** Стандартна графічна нотація для моделювання бізнес-процесів. Вона є найбільш поширеною та гнучкою, дозволяючи моделювати як прості, так і складні процеси. BPMN використовує елементи, такі як події (круги), дії (прямокутники), шлюзи (ромби) та стрілки для послідовності, а також «доріжки» (pools and lanes) для відо-

браження ролей та учасників. Це дозволяє створювати моделі, зрозумілі як технічним спеціалістам, так і бізнес-користувачам.

- **EPC (Event-driven Process Chain).** Графічна нотація, розроблена в Німеччині, яка використовується в методології ARIS. EPC фокусується на подіях та функціях, які їх ініціюють та завершують. Вона добре підходить для моделювання складних логічних послідовностей та часто використовується для документування бізнес-процесів перед їх автоматизацією в ERP-системах (наприклад, SAP).

Принципи управління процесами, життєвий цикл процесу

— Принципи управління процесами.

- **Орієнтація на клієнта.** Головна мета процесу — задовольнити потреби внутрішнього або зовнішнього клієнта.
- **Фокус на результатах.** Важливий не сам процес, а його кінцевий результат.
- **Безперервне вдосконалення (KaiZen).** Постійний пошук шляхів для оптимізації та підвищення ефективності процесів.
- **Системний підхід.** Розгляд процесів як взаємопов'язаної системи, а не ізольованих дій.
- **Вимірювання та аналіз.** Регулярний збір даних про ефективність процесів та їх аналіз.
- **Відповідальність та повноваження.** Чітке визначення власників процесів та їхніх обов'язків.

— **Життєвий цикл процесу.** Процес, як і проект, має свій життєвий цикл, який включає.

- **Ідентифікація та визначення.** Виявлення існуючих процесів, їх меж, входів та виходів.
- **Документування та моделювання.** Створення графічних та текстових описів процесу («як є»).
- **Аналіз.** Виявлення слабких місць, «вузьких місць», зайвих кроків, дублювання.
- **Вдосконалення/Реінжиніринг.** Розробка нових, оптимізованих процесів («як має бути»).
- **Впровадження.** Реалізація змін у процесі, навчання персоналу.

- **Моніторинг та контроль.** Постійний збір даних про ефективність процесу, порівняння з плановими показниками.
- **Повторний аналіз та безперервне вдосконалення.** Цикл повторюється для подальшої оптимізації.

1.3. Аналіз та Вдосконалення Процесів

Методи аналізу процесів

— **Аналіз «як є» (As-Is Analysis).** Детальне вивчення та документування поточного стану процесу. Мета — зрозуміти, як процес функціонує зараз, виявити його сильні та слабкі сторони, «вузькі місця», дублювання, зайві кроки та джерела неефективності. Використовуються інтерв'ю з учасниками, спостереження, аналіз існуючої документації.

— **Аналіз «що якщо» (What-If Analysis).** Моделювання різних сценаріїв для оцінки потенційних змін у процесі. Дозволяє передбачити наслідки впровадження нових технологій, зміни ресурсів або послідовності кроків без реальних експериментів. Часто використовується із програмним забезпеченням для симуляції процесів.

— **Причинно-наслідковий аналіз (Root Cause Analysis).** Метод, спрямований на виявлення глибинних причин проблем або дефектів у процесі, а не лише їх симптомів. Популярні інструменти.

- **Діаграма Ісікави (Риб'ячий кістяк).** Візуалізує можливі причини проблеми, групуючи їх за категоріями (люди, процеси, обладнання, матеріали, середовище, вимірювання).
- **Метод «5 чому».** Послідовне задавання питання «чому?» до п'яти разів, щоб докопатися до першопричини проблеми.

Методи вдосконалення процесів (реінжиніринг, Kaizen, Six Sigma)

— **Реінжиніринг бізнес-процесів (BPR — Business Process Reengineering).** Радикальне переосмислення та кардинальне перепроєктування бізнес-процесів для досягнення значних покращень у ключових показниках ефективності (вартість, якість, сервіс, швидкість). Це не просто вдосконалення, а повна перебудова, часто з використанням нових технологій. Приклад, перехід від паперового документообігу до повністю цифрового BIM-workflow.

— **Kaizen (Кайдзен).** Японська філософія та практика безперервного, поступового вдосконалення. Фокусується на невеликих, постій-

них змінах, що вносяться всіма співробітниками на всіх рівнях організації. Мета Kaizen — постійно виявляти та усувати невеликі проблеми, що з часом призводить до значних покращень.

— **Six Sigma (Шість сигм).** Методологія, орієнтована на зменшення варіабельності (відхилень) у процесах і продуктах, що призводить до зменшення дефектів і підвищення якості. Використовує статистичні методи та підхід DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) для ідентифікації та усунення причин дефектів. Мета — досягти не більше 3,4 дефектів на мільйон можливостей. У будівництві може застосовуватися для підвищення якості монтажу, зменшення кількості помилок у проектній документації тощо.

Визначення та моніторинг ключових показників ефективності (KPI)

Ключові показники ефективності (KPI — Key Performance Indicators) — це вимірювані значення, які демонструють, наскільки ефективно організація, проект або окремий процес досягає своїх ключових бізнес-цілей. Правильно визначені KPI допомагають відстежувати прогрес, виявляти проблеми та приймати обґрунтовані рішення.

— Приклади KPI для будівельної галузі (в контексті BIM).

- **Час.** Час від початку проектування до отримання дозволу, швидкість внесення змін до моделі, терміни виявлення та усунення колізій.
- **Вартість.** Відсоток економії бюджету завдяки BIM, точність кошторисної оцінки, вартість переробок.
- **Якість.** Кількість виявлених колізій до початку будівництва, кількість помилок у вихідній документації, якість обміну даними.
- **Продуктивність.** Кількість проектів, що виконуються з BIM, ефективність використання ресурсів.
- **Безпека.** Кількість інцидентів на будівельному майданчику (BIM може допомогти в плануванні безпеки).

— **Моніторинг KPI.** Включає регулярний збір даних, їх аналіз та візуалізацію (наприклад, за допомогою дашбордів). Це дозволяє керівництву та власникам процесів оперативно реагувати на відхилення та вживати коригувальні дії.

1.4. Процесний Підхід в Управлінні Проектами

Інтеграція процесів управління проектами з бізнес-процесами організації

Управління проектами (особливо в будівництві) є частиною загальних бізнес-процесів компанії. **Інтеграція** означає, що процеси управління проектами (наприклад, процеси планування, виконання, контролю) не існують ізольовано, а органічно вбудовані у ширшу систему бізнес-процесів організації.

- Наприклад, процес ініціації проекту в будівельній компанії має бути пов'язаний із процесами продажів, фінансового аналізу та правової оцінки.
- Процес закупівлі матеріалів для проекту інтегрується із загальним процесом закупівель компанії.
- BIM значно полегшує цю інтеграцію, оскільки єдина інформаційна модель може бути використана різними відділами та системами (наприклад, ERP, системи управління документообігом), забезпечуючи прозорий обмін даними.

Застосування процесного підходу на різних етапах проекту (ініціація, планування, виконання, моніторинг, завершення)

Процесний підхід лежить в основі сучасного управління проектами, де кожен етап проекту розглядається як набір взаємопов'язаних процесів.

- **Ініціація.** Процеси визначення проекту, розробки статуту проекту, ідентифікації зацікавлених сторін.
- **Планування.** Центральний етап, що включає численні процеси: розробка плану управління проектом, планування обсягу робіт, розкладу, бюджету, ресурсів, ризиків, комунікацій, закупівель, якості. У BIM-проектах це включає розробку BIM-Execution Plan (BEP) — плану виконання BIM-робіт.
- **Виконання.** Процеси, пов'язані з фактичним виконанням робіт, управлінням командою, закупівлями, керуванням комунікаціями. У BIM це може бути моделювання, координація з іншими дисциплінами.

- **Моніторинг та контроль.** Процеси відстеження прогресу, вимірювання ефективності, виявлення відхилень від плану та вживання коригувальних дій. Включає контроль якості, управління змінами, моніторинг ризиків. Завдяки BIM можливості моніторингу значно розширюються (наприклад, 4D-моделювання для відстеження прогресу будівництва).
- **Завершення.** Процеси закриття проекту або фази проекту, включаючи передачу кінцевого продукту (включаючи BIM-модель As-Built), збір уроків, закриття контрактів.

Роль процесів в забезпеченні якості проектних рішень

Процесний підхід є основою для систем управління якістю (наприклад, ISO 9001).

- **Стандартизація.** Чітко визначені та задокументовані процеси забезпечують стабільність і передбачуваність результатів, що є фундаментальним для якості.
- **Зменшення помилок.** Дотримання визначених процесів, особливо з використанням інструментів, таких як BIM для автоматичного виявлення колізій, значно зменшує кількість помилок та дефектів у проектних рішеннях.
- **Прозорість та підзвітність.** Кожен учасник розуміє свою роль і відповідальність у процесі, що підвищує підзвітність.
- **Безперервне вдосконалення.** Регулярний аналіз та оптимізація процесів дозволяє постійно підвищувати якість проектних рішень.
- **Контроль та верифікація.** Наявність контрольних точок у процесах дозволяє своєчасно виявляти та виправляти відхилення. У контексті BIM це включає перевірку моделі на відповідність стандартам, вимогам замовника та відсутність колізій.

Розуміння та ефективне застосування цих принципів процесного менеджменту дозволяє компаніям не лише впроваджувати BIM-технології, а й максимально використовувати їх потенціал для підвищення ефективності, якості та конкурентоспроможності.

Розділ 2.

ВІМ в управлінні життєвим циклом будівельного об'єкта

2.1. ВІМ-технології на Етапі Проектування

Цей розділ розкриває практичне застосування ВІМ-технологій безпосередньо на етапі проектування, який є одним з найважливіших для розкриття повного потенціалу ВІМ. Ми розглянемо, як створюється та координується ВІМ-модель, як організовується інформаційне забезпечення та як ВІМ використовується для аналізу та оптимізації проектних рішень.

Створення та Координація ВІМ-моделі.

Принципи створення ВІМ-моделі, параметричне моделювання

Створення ВІМ-моделі кардинально відрізняється від традиційного САД-проектування. Замість малювання ліній і кіл, проектувальник працює з **інтелектуальними об'єктами**, які несуть у собі інформацію.

— Принципи створення ВІМ-моделі.

- **Об'єктно-орієнтований підхід.** Замість окремих графічних примітивів, модель складається з «розумних» будівельних компонентів (стіни, вікна, двері, колони, балки, інженерне обладнання). Кожен такий об'єкт є цифровим двійником реального елемента і містить багату інформацію про його властивості.
- **Інформаційне насичення.** Кожен елемент моделі несе в собі не лише геометричні, а й параметричні, функціональні та інші дані (матеріал, виробник, вартість, теплопровідність, протипожежні характеристики тощо).
- **Централізована база даних.** Уся інформація зберігається в єдиній інтегрованій моделі. Зміна будь-якого параметра одного об'єкта автоматично оновлює всі пов'язані види (плани, розрізи, фасади, відомості, специфікації). Це мінімізує помилки та забезпечує узгодженість даних.

- **Використання бібліотек елементів.** Проектувальники використовують стандартні або кастомізовані бібліотеки BIM-об'єктів (сімейств), що прискорює моделювання та забезпечує консистентність.

— **Параметричне моделювання.** Це ключова особливість BIM. Замість фіксованих розмірів, елементи моделі визначаються параметрами та взаємозв'язками між ними.

- **Динамічність.** Зміна одного параметра може автоматично впливати на інші пов'язані параметри або геометрію. Наприклад, зміна висоти стіни автоматично коригує висоту вікон, розташованих у ній, або елементів інженерних систем, що проходять крізь неї.
- **Гнучкість.** Дозволяє швидко генерувати альтернативні варіанти дизайну та оцінювати їх.
- **Автоматизація.** Багато елементів автоматично підлаштовуються під зміни у моделі, зменшуючи ручну роботу.
- **Зв'язки.** Параметричні зв'язки можуть встановлюватися між різними елементами та навіть між різними моделями, що забезпечує високий рівень координації.

Координація архітектурних, конструктивних та інженерних розділів проекту

Однією з найважливіших переваг BIM є можливість інтеграції та координації всіх розділів проекту в єдиному інформаційному середовищі. Традиційно, архітектори, конструктори та інженери (ОВК, ВК, ЕОМ) працюють над окремими кресленнями, що часто призводить до неузгодженостей та колізій на будівельному майданчику.

- **Об'єднання моделей.** Різні розділи проекту створюють свої окремі BIM-моделі (наприклад, архітектурна модель, конструктивна модель, модель інженерних мереж). Ці моделі потім об'єднуються у **зведену BIM-модель** (federated model) у спеціалізованому програмному забезпеченні (наприклад, Autodesk Navisworks, Solibri).
- **Спільний доступ та синхронізація.** Завдяки спільному середовищу даних (CDE), фахівці різних дисциплін мають доступ

до актуальних версій моделей своїх колег, що забезпечує швидкий обмін інформацією та синхронізацію.

- **Виявлення колізій (Clash Detection).** Це автоматичний процес виявлення перетинів або «зіткнень» між елементами різних розділів. Наприклад, повітропровід, що проходить крізь балку, або труба, що конфліктує з електрокабелем. Це дозволяє виявити та усунути проблеми ще на етапі проектування, а не під час будівництва, коли їх виправлення є значно дорожчим та трудомісткішим.
- **Візуалізація та розв’язання проблем.** Виявлені колізії візуалізуються, що полегшує їхній аналіз та спільне вирішення. Команди можуть провести «зустрічі з координації» (coordination meetings), використовуючи зведену модель для обговорення та пошуку оптимальних рішень.

Виявлення та усунення колізій, забезпечення сумісності проектних рішень

— Процес виявлення колізій.

- **Імпорт та об’єднання моделей.** Завантаження BIM-моделей різних дисциплін у програму для координації.
- **Запуск перевірки на колізії.** Автоматичний пошук перетинів між обраними групами елементів (наприклад, «труби vs балки», «повітропроводи vs стелі»).
- **Аналіз результатів.** Перегляд списку виявлених колізій, фільтрація за типом, пріоритетом. Деякі «колізії» можуть бути допустимими (наприклад, труба проходить крізь отвір у стіні, передбачений проектом), інші потребують негайного виправлення.
- **Створення звітів та завдань.** Формування звітів про колізії та призначення відповідальних за їхнє усунення.

— **Усунення колізій.** Виявлені колізії передаються відповідним фахівцям (архітектору, конструктору, інженеру), які вносять зміни до своїх моделей. Цей ітераційний процес триває до тих пір, поки кількість колізій не буде зведена до мінімуму або повністю усунена.

— Забезпечення сумісності.

- **Спільні стандарти.** Використання єдиних стандартів моделювання та іменування елементів.

- **Шаблони та бібліотеки.** Застосування спільних шаблонів проєктів та бібліотек об'єктів для всіх дисциплін.
- **Відкриті формати.** Використання відкритих форматів, таких як IFC (**Industry Foundation Classes**), що дозволяє обмінюватися інформацією між різними BIM-програмами незалежно від виробника. Це є ключовим для інтероперабельності.
- **Регулярні координаційні наради.** Проведення систематичних зустрічей за участю всіх зацікавлених сторін для обговорення та вирішення проблем, що виникають.

2.2. Інформаційне Забезпечення Проєктування

Розробка плану виконання BIM-проєкту (BEP — BIM Execution Plan)

BEP — це ключовий документ, що визначає, як BIM буде використовуватися на конкретному проєкті. Це, по суті, «дорожня карта» для впровадження BIM. Він розробляється на ранніх етапах проєкту і узгоджується всіма основними учасниками.

— Зміст BEP.

- **Цілі та завдання BIM.** Чого прагне досягти проєкт за допомогою BIM (наприклад, зменшення колізій на 20 %, оптимізація енергоспоживання).
- **Ролі та відповідальність.** Чітке визначення, хто за що відповідає в рамках BIM-процесів.
- **BIM-процеси.** Детальний опис робочих процесів, пов'язаних з моделюванням, обміном інформацією, координацією.
- **Стандарти та протоколи.** Вимоги до іменування файлів, структури моделі, рівня деталізації (LOD — Level of Development).
- **Технології та програмне забезпечення.** Перелік використовуваних програмних продуктів.
- **Стратегія обміну даними.** Як буде здійснюватися обмін моделями та інформацією (наприклад, через CDE, формат IFC).
- **Графік виконання робіт BIM.** Етапи та терміни виконання BIM-завдань.
- **Вимоги до якості BIM-моделі.** Критерії оцінки якості моделі.

— **Важливість ВЕР.** Забезпечує ясність, узгодженість та ефективність використання ВІМ протягом усього проекту. Він є живим документом, який може оновлюватися в міру розвитку проекту.

Організація спільного середовища даних (CDE – Common Data Environment)

CDE — це централізоване цифрове сховище для всієї інформації про проект. Це не просто файловий сервер, а інтегрована платформа, яка забезпечує спільний доступ, управління версіями, контроль прав доступу та автоматизацію робочих процесів.

— Призначення CDE.

- **Єдине джерело істини.** Усі учасники проекту мають доступ до однієї актуальної версії інформації.
- **Контроль версій.** Забезпечує відстеження всіх змін, хто і коли їх вніс, що дозволяє відновити попередні версії.
- **Керування доступом.** Розмежування прав доступу до різних частин проекту для різних користувачів.
- **Управління робочими процесами.** Автоматизація процесів узгодження, затвердження та обміну інформацією (наприклад, вивантаження моделей, публікація документів).
- **Зменшення ризиків.** Знижує ймовірність використання застарілих даних, що призводить до помилок.
- **Приклади CDE.** Autodesk BIM 360/Construction Cloud, Trimble Connect, Bentley ProjectWise, а також хмарні платформи та рішення на основі SharePoint.

• Управління інформацією про проект, контроль версій

Ефективне управління інформацією є основою успішного ВІМ-проекту.

— **Управління інформацією.** Це включає процеси збору, зберігання, обробки, розповсюдження та архівування всіх даних, що стосуються проекту. Це не лише ВІМ-моделі, а й креслення, специфікації, договори, листування, фотографії з об'єкта, звіти тощо. Ключовим є класифікація та структурування інформації для легкого пошуку та використання.

— **Контроль версій (Version Control).** Критично важливий аспект у спільному середовищі. Кожен раз, коли вносяться зміни до файлу або моделі, створюється нова версія, а попередні зберігаються. Це дозволяє.

- **Відстежувати зміни.** Бачити, хто, коли і що змінив.

- **Повертатися до попередніх версій.** У разі помилок або необхідності порівняння.
- **Уникнути використання застарілих даних.** Завжди працювати з найактуальнішою версією.
- **«Аудитний слід».** Забезпечує прозорість та можливість аудиту всіх дій з інформацією.

2.3. Огляд програмних продуктів BIM-технологій для будівництва

BIM (Building Information Modeling) революціонізував будівельну галузь, перетворивши її з двовимірного креслення на інтелектуальне тривимірне моделювання з інтегрованою інформацією. Цей перехід став можливим завдяки широкому спектру програмних продуктів, які забезпечують створення, управління, аналіз та обмін будівельною інформацією на всіх етапах життєвого циклу об'єкта.

Вибір правильного програмного забезпечення є ключовим для успішного впровадження BIM-технологій. Нижче представлений огляд основних категорій BIM-продуктів та їхніх найпопулярніших представників.

2.3.1. Програмне забезпечення для BIM-моделювання (BIM Authoring Tools)

Це основні програми для створення інтелектуальних 3D-моделей та наповнення їх інформацією.

- **Autodesk Revit.** Один з найпопулярніших і найповніших інструментів для BIM-моделювання. Дозволяє створювати архітектурні, конструктивні та інженерні (MEP) моделі, інтегрувати дані, автоматизувати створення документації та виявляти колізії. Широко використовується завдяки своїй багатofункціональності та можливостям співпраці.
- **GRAPHISOFT ArchiCAD.** Ще один провідний інструмент, відомий своїм інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом та фокусом на архітектурному проектуванні. Підтримує технологію «Віртуальна будівля», що дозволяє працювати з 3D-моделлю та автоматично генерувати 2D-документацію.
- **Bentley OpenBuildings Designer (раніше AECOsim Building Designer).** Комплексне рішення для проектування будівель, що під-

тримує багатодисциплінарне моделювання та співпрацю. Особливо сильний у великих та складних інфраструктурних проектах.

- **Allplan Engineering/Architecture.** Програмний комплекс, який пропонує рішення для архітектурного та інженерного проектування, з акцентом на конструктивні елементи та деталізацію армування.
- **Vectorworks Architect.** Популярний серед архітекторів та дизайнерів завдяки своїм гнучким інструментам моделювання, включаючи 2D-креслення, 3D-моделювання та BIM-функціонал.

2.3.2. Програмне забезпечення для аналізу та симуляції

Ці інструменти дозволяють проводити різноманітні аналізи на основі BIM-моделі для оптимізації проектних рішень.

- **Autodesk Insight (для енергетичного аналізу).** Інтегрований з Revit інструмент для проведення енергетичного аналізу будівлі, моделювання інсоляції та оптимізації енергоефективності.
- **IES Virtual Environment (IESVE).** Потужний пакет для детального енергетичного моделювання, аналізу HVAC систем, освітлення та комфорту всередині приміщень.
- **Rhino with Grasshopper (для параметричного та генеративного дизайну).** Хоча Rhino не є повноцінним BIM-моделером, у поєднанні з плагіном Grasshopper він широко використовується для складного параметричного та генеративного дизайну, що дозволяє створювати оптимізовані форми та структури, які потім можуть бути інтегровані в BIM-моделі.
- **Robot Structural Analysis Professional (Autodesk).** Використовується для розрахунку та аналізу конструкцій. Може інтегруватися з Revit для обміну моделями.
- **SCIA Engineer.** Комплексне програмне забезпечення для структурного аналізу та проектування.

2.3.3. Програмне забезпечення для координації та виявлення колізій (Clash Detection)

Ці інструменти допомагають об'єднувати моделі з різних дисциплін, виявляти конфлікти та управляти ними.

- **Autodesk Navisworks Manage.** Флагманський продукт для агрегації моделей, виявлення колізій (clash detection), 4D-симуляції (графік

будівництва) та 5D-моделювання (кошторис). Дозволяє імпортувати моделі з різних форматів і створювати єдину зведену модель.

- **Trimble Connect.** Хмарна платформа для спільної роботи, перегляду моделей, виявлення колізій та управління інформацією проекту. Підтримує IFC.
- **Solibri Model Checker.** Спеціалізований інструмент для перевірки BIM-моделей на відповідність стандартам, виявлення колізій та забезпечення якості інформації.

2.3.4. Програмне забезпечення для 4D/5D BIM (Планування та Вартість)

Інструменти для інтеграції часу та вартості з 3D-моделлю.

- **Synchro 4D Pro.** Спеціалізоване програмне забезпечення для 4D-планування, що дозволяє візуалізувати послідовність будівництва, оптимізувати графік та ресурси, виявляти потенційні проблеми.
- **CostX (RIB Software).** Програмне забезпечення для кількісного обліку (take-off) та складання кошторисів безпосередньо з 2D-креслень та 3D-моделей. Може інтегруватися з BIM-моделями для автоматизованого підрахунку обсягів.
- **BIM Q (Autodesk).** Дозволяє автоматизувати процес створення звітів про обсяги та вартість на основі даних з Revit.

2.3.5. Платформи для управління даними та спільного середовища даних (CDE)

Ці платформи забезпечують централізоване сховище та управління всією інформацією проекту.

- **Autodesk Construction Cloud (даний BIM 360).** Комплексна хмарна платформа, що включає модулі для управління проектами, документацією, якістю, безпекою, а також можливості для координації BIM-моделей.
- **Trimble Connect.** (Згадано вище, але також є потужною CDE платформою)
- **Asite.** Глобальна платформа для управління проектами та CDE, що підтримує співпрацю та обмін інформацією для великих та складних проектів.

- **Common Data Environment (CDE)** *ϊεαòòîðîè*. Існують й інші рішення від різних постачальників, які надають функціонал CDE, наприклад, ProjectWise (Bentley) або власні розробки великих компаній.

2.3.6. Програмне забезпечення для BIM в експлуатації (FM — Facility Management)

Інструменти, що використовують BIM-моделі для управління об'єктом після завершення будівництва.

- **Archibus**. Провідна платформа для управління нерухомістю, яка може інтегруватися з BIM-моделями для управління активами, планування обслуговування, енергетичного менеджменту та управління простором.
- **FMSystems**. Аналогічна платформа для управління об'єктами, що використовує інформацію з BIM для оптимізації експлуатаційних процесів.
- **IBM Maximo**. Комплексна система управління активами підприємства (EAM), яка може використовувати BIM-дані для управління життєвим циклом обладнання та планування технічного обслуговування.

Ландшафт програмного забезпечення BIM постійно розвивається, пропонуючи все більш інтегровані та інтелектуальні рішення. Вибір конкретного продукту або комплексу продуктів залежить від специфіки проекту, розміру організації, бюджету та потреб користувачів. Важливо пам'ятати, що BIM — це не лише програмне забезпечення, а методологія, яка вимагає змін у процесах, культурі та підходах до управління проектами. Ефективне використання цих інструментів у поєднанні з принципами процесного менеджменту дозволяє значно підвищити ефективність, якість та сталість будівельних проектів.

2.4. Використання BIM для Аналізу та Оптимізації Проектних Рішень

Однією з найцінніших можливостей BIM є здатність використовувати інформаційну модель для проведення різноманітних аналізів, що дозволяє оптимізувати проектні рішення ще до початку будівництва.

Енергетичний аналіз, моделювання інсоляції, аналіз видимості

— **Енергетичний аналіз.** BIM-моделі містять усі необхідні дані (геометрія, матеріали, вікна, системи ОВК) для проведення детального енергетичного аналізу. Це дозволяє.

- Прогнозувати енергоспоживання будівлі на різних етапах.
- Оцінювати ефективність різних варіантів утеплення, скління, систем опалення та охолодження.
- Оптимізувати дизайн для досягнення цілей щодо енергоефективності та зниження експлуатаційних витрат.
- Використовувати програмне забезпечення, інтегроване з BIM (наприклад, Autodesk Insight, Green Building Studio).

— **Моделювання інсоляції (Solar Analysis).** Аналіз сонячного освітлення будівлі та її окремих приміщень. Дозволяє.

- Оцінити природне освітлення та теплові навантаження.
- Оптимізувати розташування вікон, тінювих елементів (навісів, жалюзі).
- Визначити найкращі місця для сонячних панелей.
- Провести візуалізацію тіней у різний час доби та пори року.

— **Аналіз видимості (Line of Sight Analysis/Viewshed Analysis).** Особливо актуальний для міського планування та архітектури. Дозволяє.

- Оцінити видимість з певних точок (наприклад, з вікна квартири або з вулиці).
- Перевірити, чи не закриває новий об'єкт вид на важливі пам'ятки або інші будівлі.
- Оптимізувати розташування будівель для забезпечення бажаних візуальних характеристик.

Оптимізація конструктивних рішень, розрахунок кількості матеріалів

— **Оптимізація конструктивних рішень.** BIM дозволяє інтегрувати конструктивну модель з розрахунковими комплексами (наприклад, Robot Structural Analysis, LIRA-SAPR). Це дає змогу.

- Проводити структурні аналізи та розрахунки на міцність, стійкість.
- Оптимізувати перерізи елементів, вибирати оптимальні матеріали, зменшувати вагу конструкцій.
- Швидко оцінювати вплив змін у конструкції на її поведінку.

— **Розрахунок кількості матеріалів (Quantity Take-Off).** Завдяки інформаційній насиченості BIM-моделі, програмне забезпечення може автоматично генерувати точні відомості обсягів робіт та специфікації матеріалів.

- **Точність.** Зменшує ймовірність помилок у розрахунках, які часто зустрічаються при ручному підрахунку за 2D-кресленнями.
- **Швидкість.** Значно прискорює процес складання кошторисів та замовлення матеріалів.
- **Контроль витрат.** Дозволяє точно відстежувати та контролювати витрати на матеріали на всіх етапах.
- **Приклад.** Автоматичний підрахунок кількості бетону для фундаменту, цегли для стін, площі вікон, довжини кабелів тощо.

Візуалізація та презентація проектних рішень замовнику

BIM-модель є потужним інструментом для візуалізації та ефективної презентації проекту замовнику та іншим зацікавленим сторонам.

- **Реалістичні візуалізації (рендери).** Створення високоякісних фото-реалістичних зображень та анімаційних роликів на основі 3D-моделі. Дозволяє замовнику «побачити» майбутню будівлю ще до її початку.
- **Реалістичні візуалізації рендери (VR/AR).** Можливість «зануритися» в модель за допомогою VR-гарнітур або «накласти» модель на реальне середовище за допомогою AR-технологій. Це забезпечує унікальний досвід взаємодії з проектом.
- **Прогулянки по моделі (Walkthroughs).** Інтерактивні «прогулянки» всередині віртуальної будівлі, дозволяючи оцінити просторові рішення, освітлення, функціональність.
- **Деталізація та розуміння.** На відміну від плоских креслень, BIM-модель дає повне розуміння об'єму, форми, матеріалів та функціональності проекту. Це значно спрощує процес прийняття рішень та погодження проектних рішень із замовником.

- **Порівняння варіантів.** Легке представлення різних варіантів дизайну та їх порівняння для вибору найкращого рішення.

Використання BIM-технологій на етапі проектування не лише підвищує ефективність та точність роботи, а й відкриває нові можливості для аналізу, оптимізації та візуалізації, що є ключовим для створення якісних та конкурентоспроможних будівельних проектів.

2.5. BIM-технології на етапі будівництва

Застосування інформаційного моделювання будівель (BIM) на етапі будівництва кардинально змінює підходи до управління проектами, дозволяючи підвищити ефективність, контролювати якість та оптимізувати витрати. Нижче детально розкрито ключові аспекти використання BIM під час зведення об'єкта.

2.5.1. Планування та управління будівельним виробництвом з використанням BIM

Цей етап фокусується на інтеграції тривимірної моделі з часом та ресурсами, що перетворює статичне креслення на динамічний план дій.

Розробка 4D-моделі (планування термінів), моделювання

- **4D-моделювання** — це процес прив'язки елементів 3D-моделі до календарного графіка будівництва. Кожен елемент (колона, стіна, вікно, ділянка трубопроводу) отримує часові параметри: дату початку та закінчення монтажу.
- **Візуалізація процесу.** Це дозволяє візуально програти весь процес будівництва ще до його початку. Команда може побачити, як будівля буде «виростати» день за днем, що допомагає виявити логістичні та технологічні помилки на ранній стадії.
- **Оптимізація послідовності.** Моделювання дозволяє тестувати різні сценарії послідовності робіт для знаходження найшвидшого та найефективнішого шляху, уникаючи простоїв техніки та робітників.

Оптимізація логістики на будівельному майданчику, управління ресурсами.

- **Планування простору.** BIM-модель допомагає оптимально розташувати на будівельному майданчику тимчасові споруди, місця для

складування матеріалів, шляхи руху техніки та зони роботи баштових кранів, мінімізуючи ризики зіткнень.

- **«Just-in-Time» доставка.** На основі 4D-моделі можна точно визначити, коли і які матеріали потрібні на об'єкті. Це дозволяє організувати постачання за принципом «точно в строк», зменшуючи потребу у великих складських площах та ризики псування матеріалів.

Використання BIM для управління безпекою будівництва.

- **Виявлення ризиків.** Аналізуючи 4D-модель, можна заздалегідь ідентифікувати потенційно небезпечні операції (наприклад, монтаж конструкцій на висоті, робота кількох одиниць техніки в одній зоні).
- **Планування заходів безпеки.** BIM дозволяє візуально моделювати розташування захисних огорожень, сіток, тимчасових переходів та планувати інструктажі для робітників на конкретні види робіт.

2.5.2. Контроль якості та виконання будівельних робіт

BIM стає єдиним джерелом достовірної інформації, що забезпечує відповідність збудованого об'єкта його цифровому двійнику.

Застосування BIM для контролю відповідності проєктній документації.

- **Мобільний доступ до моделі.** Виконроби та інженери технічного нагляду використовують планшети для доступу до BIM-моделі безпосередньо на майданчику. Це дозволяє миттєво порівнювати фактично виконані роботи з проєктними рішеннями.
- **Лазерне сканування.** Періодичне 3D-сканування збудованих конструкцій та порівняння хмари точок з BIM-моделлю дозволяє виявляти відхилення з високою точністю, що критично для складних інженерних систем та фасадів.

Використання BIM для автоматизованого вимірювання обсягів робіт.

- **Точний підрахунок.** BIM-модель дозволяє автоматично та точно підраховувати обсяги виконаних робіт (наприклад, площу зв'язаних стін, об'єм залитого бетону), що спрощує підготовку актів виконаних робіт та розрахунки з підрядниками.

Забезпечення інформаційного супроводу будівельного процесу.

- **Цифровий документообіг.** Усі зауваження, зміни та погодження фіксуються безпосередньо в моделі. Це створює прозору історію прийняття рішень і дозволяє уникнути непорозумінь між учасниками проекту. Створюється так звана **виконавча модель (As-Built Model)**.

2.5.3. Управління вартістю будівництва з використанням BIM

Інтеграція фінансових даних у модель перетворює її на потужний інструмент для бюджетування та фінансового контролю.

Розробка 5D-моделі (кошторисне планування), моніторинг витрат.

- **5D-моделювання** — це додавання до 4D-моделі (3D + час) ще одного виміру — **вартості**. Кожен елемент моделі пов'язується з відповідною позицією в кошторисі.
- **Динамічний бюджет.** 5D-модель дозволяє бачити, як змінюється вартість проекту в часі відповідно до графіка будівництва. Це дає змогу точно прогнозувати грошові потоки.
- **Моніторинг «план-факт».** Протягом будівництва можна порівнювати фактичні витрати з запланованими, оперативно виявляючи перевитрати.

Управління змінами та їх впливом на вартість проекту.

- Якщо виникає необхідність внести зміни в проект, BIM дозволяє швидко оновити модель, автоматично перерахувати обсяги робіт та матеріалів і миттєво оцінити, як це вплине на загальну вартість та терміни будівництва.

Оптимізація закупівель та постачання матеріалів.

- Завдяки точним специфікаціям, які автоматично генеруються з моделі, відділ закупівель може проводити тендери та замовляти матеріали з мінімальними ризиками помилок. Інтеграція з 4D-моделлю забезпечує своєчасність цих закупівель.

2.5.4. Українські ресурси та компанії, що працюють з BIM

DedalSoft — BIM технології в будівництві. <https://dedalsoft.com.ua/blog/bim-tehnologii-v-budivnitstvi>

- Цей сайт пропонує статті та інформацію про переваги та можливості BIM в українському контексті, зокрема щодо автоматизації будівельного бізнесу.

BUILDIT. LAB — Переваги використання BIM для будівельної індустрії України. <https://www.builditlab.org/news/perevagi-vikoristannya-bim-dlya-budivelnoyi-industriyi-ukrayini>

- Стаття, що розглядає конкретні переваги застосування BIM для будівельних проектів в Україні.

Walraven Україна — BIM (Building Information Modelling). <https://www.walraven.com/ua/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BD%D0%B0-%D0%BF%D1%96%D0%B4%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%BA%D0%B0/bim/>

- Українське представництво міжнародної компанії, що пропонує BIM-моделі своїх продуктів та підтримку для проектів.

ResearchGate/MDPI — BIM Implementation in Post-War Reconstruction of Ukraine. https://www.researchgate.net/publication/385440138_BIM_Implementation_in_Post-War_Reconstruction_of_Ukraine та <https://www.mdpi.com/2075-5309/14/11/3495>

- Дослідження та публікації, що обговорюють бар'єри та рекомендації щодо впровадження BIM у відбудові України.

BIM Leaders LTD. <https://bim-ae.com/news-room/>

- Компанія, яка працює у сфері BIM та публікує тематичні кейс-стаді, що, ймовірно, можуть включати проекти в регіоні.

Міжнародні сайти з прикладами BIM-проектів та їх застосування

RIB Software — 5 Award-Winning BIM Project Designs In Construction. <https://www.rib-software.com/en/blogs/bim-design-innovation-projects>

- Цей блог представляє приклади відзначених нагородами BIM-проектів, демонструючи інноваційні підходи.

Neuroject — World's 10 Best BIM Projects. <https://neuroject.com/bim-projects-2/>

— Огляд одних з найкращих світових BIM-проектів, що ілюструють застосування 4D, 5D, 6D, 7D та 8D BIM.

Novatr — 15 Most Impressive BIM Projects Globally. <https://www.novatr.com/blog/example-of-bim-projects-globally>

— Збірка вражаючих BIM-проектів з усього світу, що показують різноманітність застосування технології.

Autodesk — 6 examples of buildings around the world using BIM to meet LEED. <https://www.autodesk.com/design-make/articles/bim-examples>

— Приклади проектів, де BIM використовувався для досягнення цілей сталого розвитку та сертифікації LEED.

FARO — What Is BIM and How Does It Impact the Construction Industry?. <https://www.faro.com/en/Resource-Library/Article/BIM-and-how-does-it-impact-the-construction-industry>

— Хоча це не виключно галерея проектів, стаття пояснює, як BIM впливає на будівельну галузь, і містить приклади застосування.

PlanRadar — 6 key steps to successfully integrate BIM technology in construction projects. <https://www.planradar.com/au/6-steps-integrate-bim-technology/>

— Цей ресурс пропонує практичні кроки для впровадження BIM та демонструє його переваги через опис функціоналу.

2.6. BIM-технології на етапі експлуатації та управління нерухомістю

Завершення будівництва — це лише початок життєвого циклу будівлі, який може тривати 50–100 років і більше. Витрати на експлуатацію за цей період значно перевищують початкові інвестиції. Використання BIM на цьому етапі дозволяє ефективно управляти активом, скорочувати операційні витрати та підвищувати комфорт і безпеку мешканців.

2.6.1. Передача інформації від будівництва до експлуатації

Ключове завдання цього етапу — забезпечити плавну та безвтратну передачу накопичених у процесі проектування та будівництва даних до служби експлуатації.

Створення моделі «як збудовано» (as-built model).

- **Виконавча модель** — це фінальна версія BIM-моделі, яка повністю відповідає фактично збудованому об'єкту. Вона створюється шляхом коригування проєктної моделі на основі даних виконавчої зйомки, актів прихованих робіт та 3D-сканування.
- **Цінність.** Ця модель стає **цифровим двійником** будівлі та містить точну інформацію про розташування всіх конструкцій та інженерних комунікацій, включаючи ті, що є прихованими (наприклад, труби в стінах, кабелі за підвісною стелею).

Підготовка інформації для систем управління будівлею (BMS, FM).

- BIM-модель містить не лише геометрію, але й величезний обсяг атрибутивної інформації: марку та модель обладнання, дані про виробника, дату монтажу, термін гарантії, посилання на технічну документацію.
- Ці дані структурують та експортують у формати, сумісні з програмним забезпеченням для управління експлуатацією (Facility Management, FM). Найпоширенішим стандартом для цього є **COBie** (Construction Operations Building Information Exchange).

Забезпечення інтероперабельності даних.

- **Інтероперабельність** — це здатність різних програмних систем обмінюватися даними та коректно їх інтерпретувати. Для цього використовуються відкриті формати, як-от **IFC** (Industry Foundation Classes), що дозволяє інтегрувати BIM-модель із системами автоматизації будівель (Building Management System, BMS), системами обліку ресурсів та іншим ПЗ.

2.6.2. Використання BIM для управління експлуатацією та обслуговуванням

Цифровий двійник стає інтерактивним інструментом для команди, що обслуговує будівлю.

Планування та управління технічним обслуговуванням на основі BIM.

- **Профілактика замість ремонту.** В FM-системі, інтегрованій з BIM, можна налаштувати автоматичні нагадування про планове технічне обслуговування (ТО) для будь-якого елемента — від насоса до ліфта. Технік, отримавши завдання, може на моделі побачити точне місцезнаходження обладнання та отримати доступ до інструкції з його обслуговування.
- **Приклад.** Менеджер бачить на моделі, що у вентиляційної установки наближається термін заміни фільтрів. Він створює завдання, до якого автоматично підтягується тип фільтра та його розташування.

Моніторинг стану інженерних систем, управління енергоспоживанням.

- Інтеграція BIM з **Інтернетом речей (IoT)** дозволяє отримувати дані з датчиків (температури, вологості, тиску) в режимі реального часу і візуалізувати їх на 3D-моделі.
- Це дає змогу миттєво реагувати на аварійні ситуації (наприклад, протікання труби), а також аналізувати дані про енергоспоживання для пошуку шляхів його оптимізації та скорочення комунальних платежів.

Забезпечення доступу до інформації про об'єкт для різних користувачів.

- Доступ до моделі надається за ролями. власник може бачити фінансові показники, інженер — технічні дані, орендар — інструкції до обладнання у своїй квартирі.

2.6.3. BIM для реконструкції, реновації та знесення

Життєвий цикл будівлі не закінчується експлуатацією. Рано чи пізно виникає потреба в змінах.

Використання існуючої BIM-моделі для планування робіт.

- Наявність точної виконавчої моделі значно спрощує та здешевлює планування будь-яких робіт з реконструкції чи перепланування. Немає потреби проводити складні обміри та обстеження — вся інформація вже є в моделі.

Управління інформацією про зміни, внесені в процесі експлуатації.

- BIM-модель повинна бути «живою». Будь-які зміни — заміна обладнання, ремонт, перепланування — мають вноситися в модель. Це гарантує, що цифровий двійник завжди залишається актуальним.

Забезпечення можливості повторного використання матеріалів та конструкцій.

- Коли будівля досягає кінця свого життєвого циклу, BIM-модель, що містить детальну інформацію про всі матеріали, стає основою для планування **демонтажу (deconstruction)**, а не просто знесення. Це дозволяє максимально ефективно сортувати матеріали для їх повторного використання чи переробки, що відповідає принципам сталого розвитку та циркулярної економіки.

Розділ 3.

Організаційні та управлінські аспекти впровадження BIM

3.1. Управління змінами при впровадженні BIM

Цей розділ є ключовим для успішної інтеграції BIM у будь-яку організацію. Він охоплює не лише технічні аспекти, але й, що не менш важливо, людський фактор та організаційні процеси, які є вирішальними для будь-яких масштабних змін.

3.1.1. Оцінка готовності організації до впровадження BIM

Мета. Зрозуміти поточний стан організації, її поточні можливості та обмеження, а також визначити її поточну позицію щодо впровадження BIM. Цей етап є фундаментом для всіх подальших кроків.

Аналіз існуючих процесів та інфраструктури

— **Деталізація.** Почніть з ретельного вивчення того, як ваша організація працює *зараз*. Це включає.

- **Процеси проектування.** Які стандарти використовуються? Як відбувається обмін інформацією між відділами? Які інструменти (CAD, 2D креслення, інші) застосовуються? Як узгоджуються зміни?
- **Процеси будівництва.** Як інформація передається на будівельний майданчик? Як відбувається контроль якості та відповідності проекту? Які інструменти використовуються для планування та моніторингу?
- **Процеси експлуатації.** Як накопичується та використовується інформація про будівлю після завершення будівництва? Які системи управління будівлею (BMS, CMMS) існують?
- **Існуюча IT-інфраструктура.** Оцініть потужність серверів, мережеві можливості, наявність хмарних рішень, безпеку даних. Чи відповідає поточна інфраструктура вимогам для роботи з великими BIM-моделями та спільного доступу?

- **Програмне забезпечення.** Складіть перелік усього програмного забезпечення, що використовується, його версій, ліцензій. Визначте рівень інтеграції між різними програмами.

— **Чому це важливо.** Розуміння «як є» дозволить виявити вузькі місця, дублювання функцій, неефективні процеси, які BIM може оптимізувати. Це також допоможе зрозуміти, які саме зміни потрібно буде внести в поточні робочі процеси.

Визначення сильних та слабких сторін, можливостей та загроз (SWOT-аналіз)

— **Деталізація.** Цей стратегічний інструмент дозволяє системно оцінити внутрішні та зовнішні фактори.

- **Сильні сторони (Strengths).** Внутрішні позитивні фактори, що сприятимуть впровадженню BIM. Наприклад, висококваліфікований персонал, який швидко навчається; наявність IT-відділу; відкритість керівництва до інновацій; наявність певного досвіду роботи з 3D-моделюванням.
- **Слабкі сторони (Weaknesses).** Внутрішні негативні фактори, що можуть перешкоджати впровадженню BIM. Наприклад, застаріле обладнання; відсутність досвіду роботи з BIM-софтом; обмежені фінансові ресурси; консервативність частини персоналу; відсутність внутрішніх стандартів.
- **Можливості (Opportunities).** Зовнішні позитивні фактори, які можна використати для успішного впровадження BIM. Наприклад, державна підтримка BIM-ініціатив; наявність якісних навчальних курсів; зростаючий попит на BIM-послуги на ринку; доступність нового, більш ефективного програмного забезпечення.
- **Загрози (Threats).** Зовнішні негативні фактори, що можуть ускладнити або перешкодити впровадженню BIM. Наприклад, висока вартість ліцензій та навчання; брак кваліфікованих BIM-фахівців на ринку праці; економічна нестабільність; можливий опір партнерів або замовників.

— **Чому це важливо.** SWOT-аналіз дає цілісну картину, допомагає ідентифікувати ризики та розробити стратегії для їх мінімізації, а також максимально використати наявні переваги.

Оцінка рівня знань та навичок персоналу.

— **Деталізація.** Проведіть анкетування, співбесіди або навіть невеликі тестування серед ключових співробітників (архітекторів, інженерів, конструкторів, проектних менеджерів, ІТ-фахівців).

- **Рівень володіння CAD/2D-інструментами.** Наскільки вільно вони працюють з поточним ПЗ?
- **Знання основ 3D-моделювання.** Чи є у когось досвід роботи з 3D-моделями, навіть без BIM-специфіки?
- **Розуміння принципів BIM.** Чи знають співробітники, що таке BIM, які його переваги, для чого він потрібен? Чи є загальне уявлення про спільну роботу над моделлю?
- **Готовність до навчання.** Наскільки відкритий персонал до освоєння нових інструментів та зміни робочих процесів?
- **Визначення «агентів змін».** Виявіть співробітників, які вже зацікавлені в BIM або мають певні знання. Вони можуть стати рушійною силою і «чемпіонами» BIM у колективі.

— **Чому це важливо.** Результати цієї оцінки ляжуть в основу програми навчання та допоможуть зрозуміти, хто потребує базового навчання, хто — поглибленого, а хто може стати внутрішнім наставником.

3.1.2. Розробка стратегії та плану впровадження BIM

Мета. Визначити чіткі цілі, розробити конкретний, поетапний план дій та виділити необхідні ресурси для досягнення цих цілей. Це «дорожня карта» вашого BIM-впровадження.

Визначення цілей та завдань впровадження BIM

— **Деталізація.** Цілі повинні бути SMART. Specific (конкретні), Measurable (вимірні), Achievable (досяжні), Relevant (актуальні), Time-bound (обмежені в часі).

Приклади цілей.

- Зменшити кількість колізій на 30% протягом с
- Скоротити терміни розробки проектної документації на 15% за 18 місяців.

- Підвищити якість взаємодії між відділами (архітектори, конструктори, інженери) на 50% через використання спільної моделі.
 - Забезпечити можливість розрахунку обсягів матеріалів безпосередньо з BIM-моделі для 80% проєктів до кінця наступного року.
 - Отримати сертифікацію BIM-фахівців для 70% ключового персоналу протягом 2 років
- **Завдання.** Це менші кроки, які ведуть до досягнення цілей. Наприклад, для цілі «зменшити колізії» завданням може бути «впровадити щотижневі перевірки на колізії в моделі».
- **Чому це важливо.** Чіткі цілі дають напрямок, мотивують команду та дозволяють вимірювати успіх впровадження.

Розробка дорожньої карти впровадження, визначення етапів та термінів

— **Деталізація.** Це візуальний план, який розбиває весь процес на керовані етапи.

Фази впровадження.

- **Пілотний проєкт.** Почніть з невеликого, але репрезентативного проєкту, щоб протестувати процеси та інструменти BIM в реальних умовах без значних ризиків. Це дозволить виявити проблеми та скоригувати план.
- **Поступове розширення.** Після успішного пілотного проєкту, поступово розширюйте застосування BIM на більшу кількість проєктів або відділів.
- **Повне впровадження.** В кінцевому підсумку, BIM стає стандартом роботи для всіх відповідних проєктів.

Ключові етапи та віхи

- Вибір ПЗ та обладнання.
- Навчання першої групи «чемпіонів».
- Розробка внутрішніх стандартів.
- Запуск пілотного проєкту.
- Оцінка результатів пілотного проєкту.
- Розширення впровадження на інші команди/відділи.
- Повне інтегрування BIM у всі релевантні процеси.

▪ **Терміни.** Для кожного етапу та ключової віхи встановіть реалістичні терміни.

▪ **Відповідальні особи.** Призначте відповідальних за кожен етап та завдання. Створіть команду впровадження BIM.

— **Чому це важливо.** Дорожня карта забезпечує послідовність, допомагає контролювати прогрес та вчасно реагувати на виклики.

Визначення необхідних ресурсів (фінансових, людських, технічних)

— **Деталізація.** Складіть детальний перелік усього, що знадобиться.

Фінансові.

- Вартість ліцензій на програмне забезпечення (разові та річні підписки).
- Витрати на оновлення обладнання (потужні комп'ютери, монітори).
- Вартість навчання та сертифікації персоналу (внутрішні та зовнішні тренери).
- Можливі консультаційні послуги сторонніх BIM-експертів.
- Витрати на розробку або адаптацію внутрішніх стандартів.

Людські.

- Виділення внутрішньої BIM-команди або BIM-менеджера.
- Час, необхідний співробітникам для навчання та адаптації до нових процесів.
- Можливий найм нових фахівців з досвідом BIM.

Технічні.

- Придбання нового або модернізація існуючого комп'ютерного обладнання.
- Оновлення мережевої інфраструктури (вища пропускна здатність).
- Вибір та налаштування серверів для зберігання та спільної роботи над BIM-моделлями (локальні, хмарні).
- Рішення для резервного копіювання та відновлення даних.

— **Чому це важливо.** Ретельне планування ресурсів дозволить уникнути непередбачених витрат, простоїв та зривів термінів.

3.1.3. Реалізація плану впровадження BIM

Мета. Втїлити розроблений план у життя, інтегруючи BIM-технології та процеси у щоденну роботу організації.

Вибір та налаштування програмного забезпечення

— Деталізація.

- **Вибір.** На основі оцінки потреб та цілей (з 6.1 та 6.2) оберіть BIM-платформу (наприклад, Autodesk Revit, Graphisoft ArchiCAD, Bentley MicroStation) та супутні інструменти (для перевірки на колізії, розрахунків, планування, візуалізації тощо). Врахуйте сумісність, функціональність, вартість, підтримку та популярність на ринку.
- **Налаштування.** Встановлення ПЗ, конфігурація робочих місць. Це включає встановлення шаблонів, бібліотек елементів, параметрів за замовчуванням відповідно до внутрішніх стандартів компанії. Інтеграція з іншими використовуваними системами (ERP, документообіг).

— **Чому це важливо.** Правильно обране та налаштоване ПЗ є основним інструментом для роботи з BIM. Невірний вибір може призвести до значних витрат часу та ресурсів.

Навчання та підвищення кваліфікації персоналу

— Деталізація. Це один з найважливіших аспектів.

- **Розробка програми навчання.** На основі оцінки знань (6.1) створіть індивідуальні або групові програми. Врахуйте різні рівні підготовки (базовий, просунутий).

Формати навчання.

- **Внутрішні тренінги.** Залучення «агентів змін» або новонавчених фахівців.
- **Зовнішні курси та семінари.** Співпраця з акредитованими навчальними центрами.
- **Онлайн-ресурси.** Використання вебінарів, відеоуроків, спеціалізованих платформ.
- **Практика на пілотних проектах.** «Навчання через дію» є найефективнішим.
- **Регулярне оновлення знань.** BIM-технології постійно розвиваються, тому важливо організувати безперервний процес навчання.

— **Чому це важливо.** Кваліфікований персонал є рушійною силою впровадження BIM. Без належного навчання, навіть найкраще ПЗ буде не затребуваним.

Розробка внутрішніх стандартів та методик роботи з BIM

— **Деталізація.** Щоб забезпечити узгодженість, якість та ефективність роботи з BIM, необхідно створити чіткі внутрішні правила.

- **BIM Execution Plan (BEP) Template.** Створення шаблону для BEP, який буде адаптуватися для кожного проекту. Цей план визначає цілі BIM для конкретного проекту, ролі та відповідальність учасників, рівні деталізації моделей (LOD), формати обміну даними (IFC), процедури перевірки якості моделей, графік виконання робіт.
- **Стандарти іменування.** Чіткі правила для іменування файлів, шарів, елементів моделі.
- **Структура моделей.** Як мають бути організовані моделі (наприклад, розбиття на окремі файли за дисциплінами, робочі набори).
- **Правила моделювання.** Вимоги до точності моделювання, використання параметричних об'єктів, нанесення атрибутів.
- **Процедури контролю якості.** Як перевіряти моделі на відповідність стандартам, наявність колізій, повноту інформації.
- **Процедури обміну даними.** Визначення форматів (IFC, RVT, DWG тощо) та методів обміну інформацією між учасниками проекту.

— **Чому це важливо.** Внутрішні стандарти забезпечують послідовність, зменшують кількість помилок, підвищують ефективність співпраці та гарантують, що всі учасники працюють за єдиними правилами.

3.1.4. Управління опором змінам

Мета. Звести до мінімуму негативний вплив опору, перетворивши його на можливість для покращення та залучення персоналу.

Виявлення причин опору змінам.

— **Деталізація.** Будьте відкриті до зворотного зв'язку. Причини можуть бути різними.

- **Страх невідомого.** Люди бояться того, чого не розуміють.
- **Втрата контролю.** Зміна звичних процесів може викликати відчуття втрати контролю над своєю роботою.
- **Невпевненість у власних силах.** Боязнь, що не впораються з новими інструментами або завданнями.
- **Захист «статус-кво».** Комфорт у звичних рутинних діях.
- **Нерозуміння переваг.** Якщо співробітники не бачать особистої вигоди від змін, вони будуть опиратися.
- **Попередній негативний досвід.** Якщо попередні впровадження були невдалими.
- **Брак інформації.** Недостатня або нечітка комунікація.
- **Перевантаження.** Відчуття, що нові завдання додаються до існуючих без зменшення останніх.

— **Методи виявлення.** Проведення анонімних опитувань, індивідуальні бесіди, зустрічі з фокус-групами, спостереження за поведінкою.

— **Чому це важливо.** Розуміння першопричин дозволяє застосувати адекватні та ефективні стратегії подолання опору, а не боротися з симптомами.

Розробка стратегій подолання опору

— **Деталізація.** Залежно від виявлених причин, застосуйте відповідні підходи.

- **Навчання та освіта.** Найбільш ефективний спосіб боротьби зі страхом невідомого та невпевненістю. Пояснюйте, як працює ВІМ, показуйте приклади, забезпечуйте доступ до навчальних матеріалів та підтримки.
- **Спільна участь та залучення.** Залучайте співробітників до процесу планування та впровадження змін. Дозвольте їм вносити пропозиції, брати участь у розробці стандартів. Це створює відчуття власності та відповідальності.
- **Підтримка та полегшення.** Надавайте практичну допомогу, менторство, доступ до експертів. Зменшіть навантаження на період навчання, якщо це можливо.

- **Переговори та угоди.** У деяких випадках, особливо з ключовими фігурами, може бути доцільним обговорення індивідуальних умов або додаткових бонусів за адаптацію.
- **Маніпуляція та кооптація.** (Використовувати обережно і як крайній захід) Це може включати включення лідерів опору до комітетів з впровадження, щоб дати їм відчуття причетності та контролю, але без реальної влади.
- **Примус.** (Як останній засіб, коли всі інші методи вичерпані) Може включати пряме застосування влади, погрози або звільнення. Цей метод може викликати сильне невдоволення та негативно вплинути на моральний дух колективу. Його слід уникати, якщо це можливо.
- **Демонстрація успіху.** Показуйте конкретні приклади успішного використання ВІМ, результати пілотних проєктів, фінансову вигоду.

— **Чому це важливо.** Активне управління опором дозволяє не лише подолати перешкоди, але й перетворити скептиків на прихильників змін, що сприятиме більш швидкому та повному впровадженню ВІМ.

Забезпечення ефективної комунікації та залучення співробітників

- **Деталізація.** Комунікація є наріжним каменем управління змінами.
 - **Відкритість та прозорість.** Будьте чесними щодо причин впровадження ВІМ, його переваг та можливих викликів.
 - **Регулярне інформування.** Створіть канали для регулярного інформування (зустрічі, розсилки, внутрішній портал).
 - **Двосторонній зв'язок.** Забезпечте можливість для співробітників задавати питання, висловлювати свої побоювання та пропозиції. Слухайте їх.
 - **«Чому ми це робимо?».** Постійно нагадуйте про мету впровадження ВІМ та його переваги для компанії та для кожного співробітника.
 - **Визнання та заохочення.** Відзначайте успіхи, навіть невеликі. Заохочуйте тих, хто активно долучається до процесу впровадження.
 - **ВІМ-Чемпіони.** Визначте та підтримуйте внутрішніх «чемпіонів» ВІМ — ентузіастів, які можуть стати прикладом та наставниками для інших.

— **Чому це важливо.** Ефективна комунікація будує довіру, зменшує невизначеність, підвищує мотивацію та залученість, перетворюючи «опір» на «співпрацю».

3.2. Організація співпраці та управління інформацією в BIM-проекті

Цей розділ зосереджений на тому, як ефективно **організувати взаємодію** між усіма учасниками проекту та **управляти потоком інформації** в умовах BIM. Це критично важливо, адже BIM — це не просто про моделі, а про спільну роботу та доступ до єдиного джерела правдивої інформації.

3.2.1. Ролі та обов'язки учасників BIM-проекту

Мета. Чітко визначити, хто і за що відповідає в BIM-проекті, щоб уникнути плутанини, дублювання функцій та забезпечити безперебійний робочий процес.

Визначення ролей (BIM-менеджер, BIM-координатор, BIM-спеціаліст) та їх функцій.

— BIM-менеджер.

- **Функції.** Це стратегічний лідер BIM-впровадження в організації та на проекті. Він відповідає за розробку та впровадження загальної BIM-стратегії компанії, стандартизацію BIM-процесів, вибір програмного забезпечення, навчання персоналу. На рівні проекту BIM-менеджер контролює дотримання стандартів, забезпечує ресурси та вирішує комплексні питання. Він є головним контактним пунктом для замовника щодо BIM-вимог.
- **Обов'язки.** Розробка корпоративних BIM-стандартів, управління бюджетом на BIM, оцінка ефективності BIM-процесів, комунікація з вищим керівництвом, навчання та розвиток BIM-компетенцій у компанії.

— BIM-координатор.

- **Функції.** Ця роль є операційною та технічною. BIM-координатор забезпечує злагоджену роботу всіх дисциплін над єдиною моделлю. Він відповідає за інтеграцію моделей різних розділів, перевірку на колізії, контроль якості інформаційної моделі, дотримання

ВІМ-стандартів проекту. Він може надавати технічну підтримку ВІМ-спеціалістам.

- **Обов'язки.** Об'єднання моделей (архітектура, конструкції, інженерні мережі), виконання перевірок на колізії, формування звітів про колізії, забезпечення актуальності моделей, підтримка спільної робочої платформи, консультування ВІМ-спеціалістів.

— **ВІМ-спеціаліст (ВІМ-моделювальник, ВІМ-автор).**

- **Функції.** Це основний виконавець робіт. ВІМ-спеціаліст безпосередньо створює та оновлює інформаційні моделі відповідно до вимог проекту та стандартів компанії. Він працює у своїй дисципліні (архітектура, конструкції, ОВК, ВК тощо).
- **Обов'язки.** Моделювання елементів будівлі, додавання атрибутивної інформації до елементів моделі, створення робочої документації з моделі, оновлення моделі відповідно до змін проекту, співпраця з ВІМ-координатором.

— **Інші ролі (залежно від проекту).** Може бути ВІМ-лідер (керівник групи ВІМ-спеціалістів у відділі), ВІМ-розробник (для кастомізації ПЗ), ВІМ-аналітик тощо.

Розподіл відповідальності між учасниками проекту.

— **Деталізація.** Після визначення ролей необхідно чітко прописати їхню відповідальність у контексті конкретного проекту. Це може бути зроблено в **ВІМ Execution Plan (ВЕР)**.

— **Приклад.**

- **ВІМ-менеджер.** Затвердження ВЕР, забезпечення ресурсів, фінальний контроль якості моделі перед передачею замовнику.
- **ВІМ-координатор.** Щоденна перевірка колізій, ведення журналу проблем, організація координаційних нарад.
- **ВІМ-спеціаліст.** Створення своєї частини моделі до певного терміну, коректне додавання параметрів, відповідь на запити щодо своєї моделі.

— **Чому це важливо.** Чіткий розподіл відповідальності запобігає конфліктам, підвищує прозорість роботи та забезпечує, що всі необхідні завдання будуть виконані.

Формування ефективної команди BIM-проєкту.

— **Деталізація.** Це не тільки про розподіл ролей, а й про створення сприятливої атмосфери для співпраці.

- **Навички.** Збалансуйте технічні навички (BIM-софт) з «м'якими» навичками (комунікація, вирішення проблем, командна робота).
- **Навчання та розвиток.** Забезпечте можливості для постійного навчання та підвищення кваліфікації.
- **Мотивація.** Заохочуйте та визнавайте внесок кожного учасника.
- **Крос-функціональність.** Заохочуйте обмін знаннями та розуміння процесів інших дисциплін.
- **Лідерство.** Забезпечте сильне лідерство з боку BIM-менеджера та координатора.

— **Чому це важливо.** Успіх BIM-проєкту залежить від злагодженої роботи команди. Ефективна команда здатна швидко адаптуватися до змін, вирішувати проблеми та досягати поставлених цілей.

3.2.2. Процеси обміну та управління інформацією

Мета. Створити механізми для безперебійного, точного та своєчасного обміну інформацією між усіма учасниками проєкту, гарантуючи, що всі працюють з актуальними даними.

Розробка протоколів обміну даними

— **Деталізація.** Ці протоколи визначають, як, коли і в якому форматі обмінюється інформація.

- **Формати файлів.** Визначте основні формати обміну (наприклад, IFC для міждисциплінарної взаємодії, RVT/DWG для внутрішнього використання, PDF для фінальної документації). Наголо-сіль на важливості **OpenBIM** та використання IFC для інтероперабельності.
- **Частота обміну.** Встановіть регулярність обміну оновленими моделями (щодня, щотижня, після значних змін).
- **Методи передачі.** Визначте, через які платформи або системи від-буватиметься обмін (наприклад, CDE, FTP, хмарні сховища).

- **Стандарти іменування файлів.** Встановіть єдині правила для іменування моделей, креслень та інших документів, щоб їх легко можна було знайти та ідентифікувати.
- **Рівні деталізації (LOD/LOIN).** Визначте, який рівень графічної та інформаційної деталізації (Level of Detail/Level of Information) повинен бути досягнутий на різних етапах проекту для різних елементів.

— **Чому це важливо.** Чіткі протоколи обміну даними мінімізують ризики помилок, втрати інформації та забезпечують, що всі учасники працюють з актуальною та коректною інформацією.

Забезпечення ефективної комунікації між учасниками проекту

— **Деталізація.** Комунікація є основою успішного проекту.

- **Регулярні координаційні наради.** Організуйте регулярні зустрічі (онлайн або офлайн) для обговорення прогресу, вирішення проблем, перевірки колізій та узгодження змін.
- **Чіткі канали зв'язку.** Визначте, хто до кого звертається з певних питань (наприклад, BIM-спеціаліст до BIM-координатора з технічних питань, BIM-координатор до BIM-менеджера з питань стратегії).
- **Системи відстеження проблем.** Використовуйте спеціалізоване програмне забезпечення або функціонал CDE для реєстрації, відстеження та вирішення виявлених колізій та інших проблем (наприклад, BCF — BIM Collaboration Format).
- **Протоколювання рішень.** Обов'язково фіксуйте всі прийняті рішення та відповідальних за їх виконання.

— **Чому це важливо.** Ефективна комунікація запобігає непорозумінням, прискорює процес прийняття рішень та сприяє вирішенню проблем на ранніх етапах.

Використання спільних онлайн-платформ для співпраці (Common Data Environment — CDE)

— **Деталізація.** CDE є центральним сховищем для всієї проектної інформації та інструментом для спільної роботи.

Функціонал CDE.

- **Централізоване зберігання даних.** Усі моделі, креслення, документи, специфікації зберігаються в одному місці.
- **Контроль версій.** Можливість відстежувати зміни, повертатися до попередніх версій файлів.
- **Контроль доступу.** Розмежування прав доступу для різних користувачів та ролей.
- **Процеси затвердження.** Механізми для перегляду та затвердження документів та моделей.
- **Можливості для перегляду моделей.** Перегляд 3D-моделей без необхідності встановлення спеціалізованого ПЗ.
- **Функції коментування та розмітки.** Можливість залишати коментарі та помітки на моделях та документах.
- **Відстеження завдань та проблем.** Інструменти для управління завданнями, пов'язаними з моделлю.
- **Приклади платформ.** Autodesk Construction Cloud (BIM 360/Docs), Trimble Connect, Dalux, Allplan Bimplus та інші.

— **Чому це важливо.** CDE є єдиним джерелом правди для всіх учасників проекту. Вона значно покращує ефективність співпраці, зменшує кількість помилок, пов'язаних з використанням застарілих даних, та прискорює обмін інформацією.

3.2.3. Юридичні та контрактні аспекти BIM

Мета. Врегулювати правові питання, пов'язані з використанням BIM, щоб захистити інтереси всіх сторін, мінімізувати ризики та забезпечити юридичну визначеність.

Розподіл прав власності на інформаційну модель

— **Деталізація.** Важливо чітко визначити, хто є власником BIM-моделі на різних етапах проекту.

- **Початкова власність.** Зазвичай, організація, яка створює модель (проектувальник, архітектор), є первісним власником.
- **Права використання.** Визначте, які права на використання моделі отримує замовник після її передачі (для будівництва, експлуатації, подальших змін).

- **Модифікація та оновлення.** Хто має право вносити зміни до моделі та за яких умов?
- **Архівування.** Як довго модель буде зберігатися і хто за це відповідає?

— **Чому це важливо.** Невизначеність у цьому питанні може призвести до складних судових суперечок, особливо у випадку комерційного використання моделі або її модифікації.

Укладання BIM-додатків до контрактів

— **Деталізація.** Стандартні будівельні контракти часто не враховують специфіку BIM. Тому необхідно розробити спеціальні додатки або розділи.

- **BIM — вимоги замовника (Employer's Information Requirements — EIR).** Замовник повинен чітко сформулювати свої вимоги до BIM-моделі (яка інформація потрібна, для яких цілей, рівень деталізації, формат обміну тощо). Це має бути частиною контракту.
- **BIM Execution Plan (BEP) як частина контракту.** BEP, розроблений виконавцем та затверджений замовником, також повинен стати обов'язковою частиною контрактних документів.
- **Визначення відповідальності за дані.** Чітко пропишіть, хто відповідає за точність, повноту та актуальність даних у моделі на кожному етапі.
- **Процедури зміни та контролю.** Як будуть оформлюватися та погоджуватися зміни в моделі та пов'язаній документації.
- **Визначення «достовірності» даних.** Які дані з моделі вважаються «офіційними» (наприклад, чи є модель юридично значимою, чи лише креслення).
- **Санкції та заохочення.** Можуть бути передбачені механізми за недотримання BIM-вимог або, навпаки, за їх перевиконання.

— **Чому це важливо.** BIM-додатки забезпечують юридичну базу для співпраці, встановлюють очікування та мінімізують ризики для всіх сторін, роблячи процес більш прозорим.

Вирішення спорів, пов'язаних з використанням BIM

— **Деталізація.** Навіть при ретельному плануванні можуть виникнути суперечки. Важливо мати чіткий механізм для їх вирішення.

- **Медіація та арбітраж.** Замість судових процесів, які можуть бути довгими та дорогими, можна передбачити альтернативні методи вирішення спорів.
- **Експертна оцінка.** У випадку технічних розбіжностей, пов'язаних з моделлю, можна залучати незалежних BIM-експертів.
- **Чіткі процедури звітування.** Якісні звіти про колізії, зміни, помилки в моделі є важливими доказами у випадку суперечок.
- **Фіксація «моменту істини».** Можливість фіксувати стан моделі на певну дату, щоб визначити відповідальність за зміни.

— **Чому це важливо.** Наявність заздалегідь визначених процедур вирішення спорів дозволяє швидко та ефективно вирішувати конфлікти, мінімізуючи їхній вплив на проєкт та бізнес-відносини.

3.4. Концепція BIM-моделі 24-поверхової будівлі в м. Києві

Цей документ описує структуру та ключові аспекти інформаційної моделі (BIM) для проєктування та будівництва сучасного 24-поверхового житлового комплексу в Києві.

3.4.1. Загальна інформація про об'єкт

- **Назва проєкту.** Сучасний житловий комплекс.
- **Місцезнаходження.** м. Київ, Україна (умовний вибір ділянки з урахуванням містобудівних обмежень).
- **Кількість поверхів.** 24 житлових поверхи + технічний поверх + дворівневий підземний паркінг.
- **Призначення.** Багатоквартирний житловий будинок бізнес-класу з комерційними приміщеннями на першому поверсі (магазини, кафе, сервісні центри).
- **Архітектурний стиль.** Сучасний мінімалізм з використанням панорамного скління, вентильованих фасадів та екологічних матеріалів.
- **Ключові особливості.** Енергоефективність класу А, система «розумний дім», закрита прибудинкова територія з ландшафтним дизайном.

3.4.2. Структура комплексної BIM-моделі

BIM-модель — це не просто 3D-візуалізація, а інтегрована база даних, що складається з кількох взаємопов'язаних моделей.

Архітектурна модель (АР — Архітектурні рішення)

Це візуальна та функціональна основа проєкту.

- **Планування.** Детальні плани поверхів, включаючи квартирографію (1-кімнатні, 2-кімнатні, 3-кімнатні квартири, дворівневі пентхауси).
- **Фасади.** Пропрацювання фасадних систем, матеріалів оздоблення (керамограніт, композитні панелі), розташування вікон та балконів.
- **Елементи.** Стіни, перегородки, вікна, двері, сходи, ліфтові шахти. Кожен елемент містить інформацію про матеріал, виробника, вартість та теплотехнічні характеристики.
- **Интер'єри.** Моделювання місць загального користування (холи, коридори).

Конструктивна модель (КЗ/КМ — Конструкції залізобетонні/металеві)

Ця модель забезпечує міцність та стійкість будівлі.

- **Каркас.** Монолітний залізобетонний каркас (колони, пілони, балки, плити перекриття).
- **Фундамент.** Плитно-пальовий фундамент, розрахований на основі геологічних вишукувань.
- **Арматура.** Детальне 3D-моделювання арматурних каркасів для уникнення колізій та оптимізації використання сталі.
- **Навантаження.** Модель містить дані для розрахунку статичних та динамічних навантажень (снігові, вітрові, сейсмічні).

Модель інженерних мереж (MEP — Mechanical, Electrical, Plumbing)

Комплекс систем життєзабезпечення будівлі.

- **Опалення, вентиляція та кондиціонування (ÎÂÊ).** Розводка трубопроводів, розміщення радіаторів, фанкойлів, вентиляційних каналів та обладнання на технічному поверсі.
- **Водопостачання та каналізація (ВК).** Системи гарячого/холодного водопостачання та водовідведення.

- **Електропостачання (ЕМ).** Силові кабелі, системи освітлення, розподільчі щити, трансформаторна підстанція.
- **Слабкострумові системи.** Інтернет, телебачення, пожежна сигналізація, система контролю доступу, відеоспостереження.

3.4.3. Етапи розробки на основі BIM

1. Передпроектний аналіз (LOD 100). Створення концептуальної моделі для аналізу об'ємів, інсоляції та відповідності містобудівним нормам.

2. Проект (LOD 200–300). Детальна розробка всіх розділів моделі. На цьому етапі проводиться перевірка на колізії (зіткнення) між архітектурою, конструктивом та інженерними мережами.

3. Робоча документація (LOD 400). Автоматизоване створення креслень (планів, фасадів, розрізів), специфікацій та відомостей обсягів робіт безпосередньо з моделі.

4. Будівництво та експлуатація (LOD 500). Модель використовується для планування будівельних робіт, контролю постачання матеріалів та, в майбутньому, для управління експлуатацією будівлі.

3.4.4. Відповідність державним будівельним нормам України (ДБН)

Проект повинен суворо відповідати чинним нормам, зокрема.

- ДБН **Â.2.2–15.2019 «Житлові будинки. Основні положення».** Регламентує планувальні рішення, площі приміщень, вимоги до інклюзивності.
- ДБН **Â.1.1–7.2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва».** Визначає вимоги до шляхів евакуації, вогнестійкості конструкцій та систем протипожежного захисту.
- ДБН **Â.2.6–98.2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції».** Основні вимоги до проектування несучих конструкцій.
- ДБН **Â.1.2–2.2006 «Навантаження і впливи».** Норми для розрахунку навантажень на будівлю.
- ДБН **Â.2.5–67.2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».** Вимоги до мікроклімату та енергоефективності інженерних систем.

Розділ 4.

Приклади використання BIM та переваги інтегрованого застосування BIM та ШІ

4.1. Приклад використання BIM у Fauna Town (Файна Таун)

4.1.1. Проєктування та координація

BIM був застосований для створення детальної 3D-моделі забудови, включаючи архітектурні, конструктивні та інженерні рішення. Це дозволило.

- мінімізувати колізії між мережами (електрика, водопостачання, вентиляція тощо),
- спростити взаємодію між архітекторами, конструкторами та інженерами,
- зменшити кількість помилок під час реалізації.

4.1.2. Управління будівництвом

BIM-модель використовувалася для планування послідовності будівельних робіт (4D-моделювання), що дозволяло.

- ефективно організувати логістику на будівельному майданчику,
- синхронізувати графіки підрядників,
- контролювати дотримання строків.

4.1.3. Вартісне планування (5D)

Завдяки BIM розробники Fauna Town могли швидко оцінювати зміни у вартості проєкту при коригуванні рішень. Це дало можливість.

- оптимізувати бюджет,
- уникнути перевитрат.

4.1.4. Експлуатація та Facility Management (6D)

Для подальшої експлуатації було створено цифрову модель будівель із внесеними даними про всі системи, що.

- полегшує управління інженерними мережами,
- дає змогу оперативно проводити обслуговування,
- спрощує управління об'єктами нерухомості.

4.2. Інші приклади BIM у Києві.

- **UNIT. City** — інноваційний парк також реалізується з використанням BIM для ефективного планування інфраструктури та управління даними.
- **ЖК Respublika** — застосування BIM на етапі проектування та під час будівництва.
- **Центральний офіс «Ковальська»** — використовував BIM для реконструкції та модернізації.

Таблиця 1

Структура порівняльної таблиці BIM-проектів у Києві

Проект	Тип/ масштаб	Етап впрова- дження BIM	Застосування BIM (3D/4D/5D/6D)	Ключові результати	Джерело
Фауна Town	Житловий комплекс	Проек- тування, будівництво	3D-моделювання, 4D-планування, 5D-кошторис, 6D-експлуатація	Менше колізій, точніше планування, оперативне обслуговування	(очікувані офіційні звіти)
UNIT. City	Бізнес- інновацій- ний парк	Залучено з проєк- тування	3D + 4D-коор- динація, управління даними інфра- структури	Координація учасників, оптимізація мереж	заяви керів- ництва проекту

Проект	Тип/ масштаб	Етап впрова- дження BIM	Застосування BIM (3D/4D/5D/6D)	Ключові результати	Джерело
ЖК Respub- lika	Житловий квартал	Проек- тування	3D-моделі, базова 4D-синхронізація	Зменшено правок і перепроєк- тування	пресрелізи Укрбуду
Офіс Коваль- ської	Офісний комплекс, реконст- рукція	Проек- тування, будівництво	3D-модель, перевірка на колізії	Скорочення затримок, чіткий контроль змін	повідом- лення «Коваль- ської»

1. Офіційні технічні кейси забудовників — часто публікуються на сайтах, особливо в розділі «паспорт проекту» або «новини».

2. Професійні виступи — BIM-спеціалісти діляться досвідом на конференціях (Building Kyiv, BIM Forum UA).

3. Інтерв'ю та статті — архітектори і інженери бувають цитовані у BIM-публікаціях.

4. Пресрелізи — іноді згадують використання 4D/5D аналітики.

Приклади креслень BIM технологій планів житлових будівель м. Києва наведені на рис. 1–4.

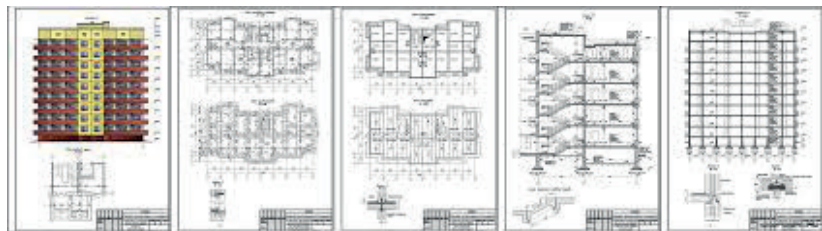


Рис. 1. Приклади креслень BIM технологій

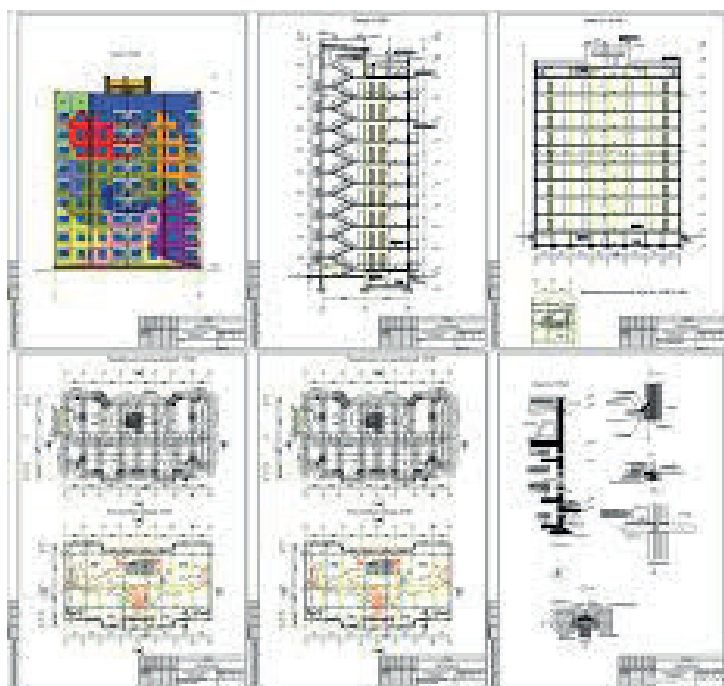


Рис. 2–3. Приклади креслень BIM технологій

вул. Милославська, 18 Деснянський район
3-кімнатна квартира № 32 на 4 поверсі
Заг.пл. 81,76 кв.м. / Жит.пл. 42,65 кв.м

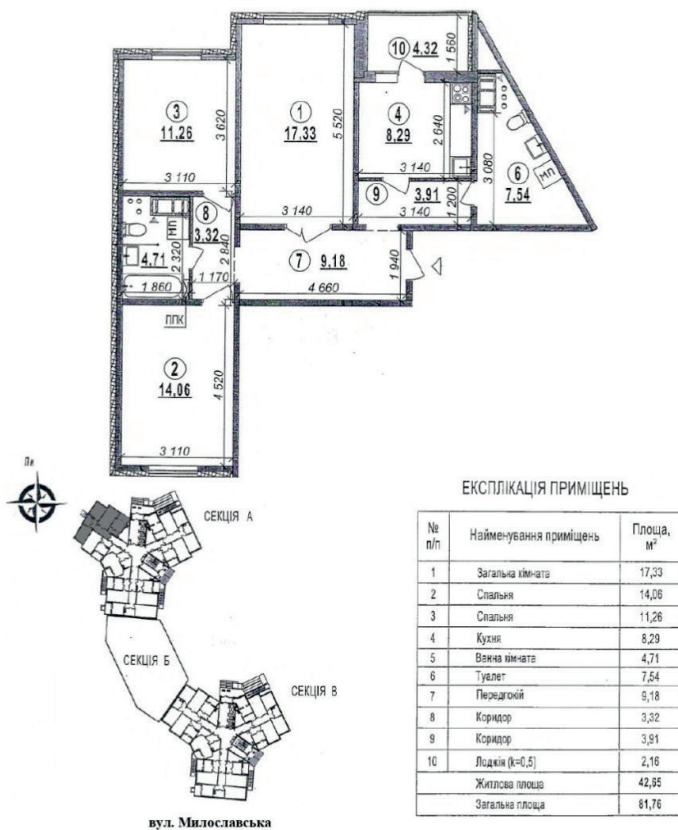


Рис 4. Приклади креслень планів житлових будівель
у м. Києві та типової архітектури.

Креслення 9-поверхового будинку

Це типовий варіант студентського чи курсового проекту — фасада, горизонтальний план і поздовжнє перерізання поверху. Зазвичай такі креслення подають без деталей про системи інженерії, але з чітким маркуванням квартирної області, сходів і балконів realexpert.ua+3chertezhi.ru+3zhitlo-invest.kiev.ua+3.

Деталізований план поверху житлового комплексу

Креслення демонструє кілька квартир розміром 2–3 кімнати, із зазначенням площ, розміщення дверей/вікон, іноді меблювання. Зазвичай використовуються для презентації середній поверхів проекту.

Комплексне креслення. фасади, перерізи, плани

Такий формат часто використовується у багатопверхових панельних або каркасних будинках — поєднання розрізів, фасадів, плани поверхів на одному аркуші. Ідеально підходить для технічної документації й перевірки структурних вузлів.

Планування квартир у ЖК «Милославська, 18»

Приклад комерційного плану. візуалізація трьох-кімнатних квартир із зазначеним метражем кожної кімнати, навігаційними мітками та логотипом девелопера. Такі креслення популярні у відділах продажу квартир.

Для чого використовуються такі креслення?

- **Проектування й узгодження.** архітектори й інженери погоджують технічні рішення між собою.
- **Комунікація.** девелопери презентують планування потенційним покупцям.
- **Дозвільна документація.** креслення входять до пакету для отримання дозволів на будівництво.

Приклад

Я планую побудувати 3 поверховий котедж площею 300 м кв. на території 20 соток у передмісті Києва. Мені необхідно розробити плани та фасади. Для сезонного проживання 2 дорослих та 3 дітей Гараж вбудований, кухня вітальня, 4 спальні, кабінет, технічне приміщення та Сауна, стиль сучасний, у сосновому лісі.



Рис. 5. План побудови системи електропостачання котеджу

Щоб побудувати систему електропостачання котеджу, потрібно врахувати кілька ключових аспектів — від вибору джерела живлення до безпеки та комфортного використання електроенергії. Ось базова схема та етапи проектування системи електропостачання для котеджу.

1. Визначення потреб у електроенергії

- Підрахунок загального споживання (потужність усіх приладів, освітлення, опалення, побутова техніка).
- Оцінка одночасного навантаження (щоб правильно вибрати кабелі та автомати).
- Можливість подальшого розширення.

2. Джерело електропостачання

- **Основне.** підключення до міської електромережі (через трансформаторну підстанцію).
- **Резервне.** генератор, сонячні панелі + акумулятори (опційно).

3. Вхідний кабель і вводний пристрій

- Кабель від трансформаторної підстанції до щита введення.
- Ввідний автомат (залежно від потужності — 25–63 А).
- Вимикачі, УЗО для захисту від короткого замикання та витоку струму.

4. Розподільчий щит (щиток)

- Встановлення автоматичних вимикачів для захисту окремих ліній (освітлення, розетки, кухня, опалення).
- Розподіл за зонами (перший поверх, другий поверх, гараж, зовнішнє освітлення).
- Контрольні прилади (лічильник, індикатори).

5. Внутрішня проводка

- Вибір кабелів (мідь або алюміній, переріз кабелю відповідно до навантаження).
- Прокладання кабелів у трубах або гофротрубах, схованих у стінах.
- Встановлення розеток і вимикачів за планом розміщення.

6. Захист і безпека

- Установка УЗО (пристрої захисного відключення).
- Заземлення котеджу (електроди заземлення, з'єднання з металевими конструкціями).
- Використання автоматів з потрібним номіналом.

7. Освітлення та додаткові системи

- Розробка плану освітлення (кімнати, коридори, вуличне освітлення).
- Можливе встановлення систем автоматичного управління (розумний дім).
- Вентиляція, опалення, бойлер — окремі лінії.

Приклад простої схеми

системи електропостачання котеджу

Мережа 220/380 В → Ввідний автомат → Розподільчий щит

- ├— Лінія освітлення (автомат)
- ├— Лінія розеток (автомат)
- ├— Лінія кухонної техніки (автомат)
- ├— Лінія опалення (автомат)
- └— Лінія зовнішнього освітлення (автомат)

4.3. Інтегроване застосування BIM технологій та штучного інтелекту у управління будівельними проєктами

Інтегроване застосування BIM-технологій та штучного інтелекту (ШІ) є одним з найперспективніших напрямків розвитку управління будівельними проєктами. Ця синергія дозволяє вийти за межі традиційного моделювання, використовуючи можливості ШІ для аналізу величезних обсягів даних, прийняття більш обґрунтованих рішень, автоматизації рутинних завдань та прогнозування.

Переваги інтегрованого застосування BIM та ШІ

1. Покращене проектування та оптимізація дизайну.

- **Генеративний дизайн.** ШІ може генерувати тисячі варіантів дизайну на основі заданих параметрів (бюджет, матеріали, функціональність, енергоефективність), а потім аналізувати їх та пропонувати оптимальні рішення.
- **Автоматична оптимізація.** ШІ може оптимізувати планування приміщень, розміщення обладнання, інженерних систем, а також розрахунок конструкцій для максимальної ефективності та мінімізації витрат.
- **Виявлення конфліктів (Clash Detection) та їх автоматичне вирішення.** Хоча BIM вже надає інструменти для виявлення колізій, ШІ може автоматично пропонувати або навіть вирішувати їх, аналізуючи залежності та пріоритети.

2. Точне планування та оптимізація графіків.

- **Прогнозування термінів.** ШІ може аналізувати дані з попередніх проектів (ресурси, погода, продуктивність) та прогнозувати терміни виконання завдань з високою точністю, виявляючи потенційні затримки ще до їх виникнення.
- **Оптимізація ресурсів.** ШІ може оптимізувати розподіл робочої сили, обладнання та матеріалів, мінімізуючи простой та максимізуючи продуктивність.
- **Динамічне планування.** ШІ може автоматично коригувати графіки робіт у реальному часі на основі змін умов на майданчику (погода, затримки поставок, непередбачені обставини).

3. Управління ризиками та безпека

- **Прогноз ризиків.** ШІ може аналізувати BIM-моделі, дані з датчиків та історичні дані для виявлення потенційних небезпек, вразливих місць конструкцій або зон з високим ризиком нещасних випадків.
- **Моніторинг безпеки в реальному часі.** Камери та датчики, інтегровані з ШІ, можуть відстежувати дотримання правил безпеки на будівельному майданчику, виявляти небезпечну поведінку або наявність людей у небезпечних зонах та попереджати про це.

- **Аналіз «що якщо».** ІІІ може симулювати різні сценарії (наприклад, відмова обладнання, затримка поставки матеріалів) та оцінювати їхній вплив на проєкт, допомагаючи розробити стратегії пом'якшення ризиків.

4. Кошторисування та контроль витрат.

- **Точне прогнозування витрат.** ІІІ може аналізувати величезні обсяги даних про матеріали, працю, обладнання та субпідрядників, враховувати ринкові коливання та надавати більш точні оцінки вартості проєкту.
- **Моніторинг витрат у реальному часі.** Інтеграція з BIM дозволяє ІІІ відстежувати фактичні витрати в порівнянні з бюджетом, виявляти відхилення та прогнозувати кінцеву вартість проєкту.
- **Оптимізація закупівель.** ІІІ може аналізувати ринок, позиції постачальників та оптимальні терміни для закупівель, щоб мінімізувати витрати.

5. Експлуатація та управління об'єктами (Digital Twins).

- **Створення «цифрових двійників».** BIM-моделі можуть бути основою для створення цифрових двійників, які збирають дані з датчиків будівлі в реальному часі (споживання енергії, температура, вологість, стан обладнання).
- **Прогнозне обслуговування.** ІІІ аналізує дані з цифрового двійника для прогнозування можливих поломок обладнання, оптимізації графіків технічного обслуговування та продовження терміну служби активів.
- **Оптимізація енергоспоживання.** ІІІ може аналізувати поведінку мешканців, погодні умови та стан інженерних систем для автоматичної оптимізації споживання енергії, що підвищує сталість будівлі.
- **Управління простором.** ІІІ може аналізувати використання простору, пропонувати оптимальні конфігурації для підвищення ефективності або комфорту.

Приклади застосування

- **Автоматизоване генерування BIM-моделей.** ІІІ може використовуватись для автоматичного створення 3D-моделей

з 2D-креслень або хмар точок (Scan-to-BIM), прискорюючи процес моделювання.

- **Голосове управління BIM.** Розробка систем, що дозволяють взаємодіяти з BIM-моделлю за допомогою голосових команд, що прискорює навігацію та пошук інформації.
- **Чат-боти для управління проектами.** ШІ-асистенти можуть відповідати на запитання щодо проекту, надавати актуальну інформацію про графіки, матеріали або контактні дані учасників.
- **Аналіз будівельного майданчика за допомогою дронів та ШІ.** Дрони збирають візуальні дані, а ШІ аналізує їх для порівняння з BIM-моделлю, виявлення відхилень від плану, моніторингу прогресу та безпеки.
- **Прогнозні моделі продуктивності.** ШІ може аналізувати дані про продуктивність бригад та обладнання в різних умовах, допомагаючи менеджерам приймати обґрунтовані рішення щодо розподілу ресурсів.

Виклики інтеграції

- **Сумісність даних (Interoperability).** Забезпечення безперебійного обміну даними між різними BIM-платформами та ШІ-інструментами є критичним викликом.
- **Якість даних.** Точність та повнота даних у BIM-моделі є вирішальними для ефективної роботи ШІ. «Сміття на вході — сміття на виході» (Garbage In, Garbage Out).
- **Довіра та прийняття.** Фахівці повинні довіряти рішенням, запропонованим ШІ, і бути готовими адаптувати свої робочі процеси.
- **Вартість впровадження.** Інвестиції в ШІ-технології та їх інтеграцію можуть бути значними.
- **Етичні аспекти та безпека даних.** Збір та аналіз великих обсягів даних вимагають дотримання етичних норм та забезпечення кібербезпеки.

Незважаючи на виклики, інтегроване застосування BIM-технологій та штучного інтелекту є майбутнім управління будівельними проектами. Воно обіцяє підвищити ефективність, точність, безпеку та сталість усього будівельного циклу, що є надзвичайно важливим для таких країн, як Україна, яка стоїть перед викликами масштабної відбудови.

4.4. Що таке Генеративний Дизайн?

Генеративний дизайн — це ітераційний процес проєктування, в якому замість того, щоб людина-дизайнер створювала один або кілька варіантів і потім їх оптимізувала, алгоритми штучного інтелекту (або, точніше, спеціалізовані комп'ютерні програми) генерують сотні або навіть тисячі можливих рішень на основі набору заданих параметрів, цілей та обмежень. Потім ці рішення оцінюються, фільтруються та представляються дизайнеру, який може вибрати найкращі або використати їх як відправну точку для подальшого вдосконалення.

Ключова відмінність від традиційного дизайну

- **Традиційний.** Людина створює дизайн → Комп'ютер аналізує і оптимізує.
- **Генеративний.** Людина задає правила та цілі → Комп'ютер генерує варіанти → Людина вибирає найкращий.

Як працює Генеративний Дизайн?

Процес генеративного дизайну зазвичай включає наступні кроки.

1. Визначення цілей. Дизайнер визначає, чого він прагне досягти. Це можуть бути.

- Максимізація міцності конструкції.
- Оптимізація енергоефективності.
- Зменшення часу будівництва.
- Забезпечення природного освітлення.
- Максимальна кількість місць (для сидіння, робочих місць).
- Дотримання будівельних норм та правил.
- Естетичні критерії.

2. Задання обмежень. Визначаються обмеження, в межах яких можуть існувати рішення. Це можуть бути.

- Доступні матеріали.
- Бюджетні рамки.
- Розмір ділянки або будівлі.
- Вимоги до функціональності приміщень.
- Геометричні обмеження (наприклад, не перетинати існуючі комунікації).
- Будівельні норми (висота, відстані).

3. Визначення вхідних даних/параметрів. Це змінні, які алгоритм може змінювати для генерації варіантів. Наприклад, розміри кімнат, товщина стін, форма вікон, розташування колон, орієнтація будівлі.

4. Генерація рішень. На цьому етапі алгоритми ШІ (часто з використанням еволюційних алгоритмів, алгоритмів оптимізації або машинного навчання) генерують безліч можливих дизайнів. Кожен варіант є унікальною комбінацією вхідних параметрів, що задовольняє заданим обмеженням.

5. Оцінка та ранжування. Кожен згенерований варіант оцінюється за критеріями, визначеними на кроці 1. Програмне забезпечення може візуалізувати ці варіанти та представити їх у вигляді графіка Парето або іншої зручної форми, що дозволяє дизайнеру побачити, які варіанти є оптимальними з точки зору різних цілей (наприклад, міцність проти ваги).

6. Вибір та ітерація. Дизайнер переглядає згенеровані рішення, вибирає найбільш перспективні, може вносити додаткові обмеження або змінювати цілі, щоб розпочати новий цикл генерації, або ж допрацьовувати вибрані варіанти вручну.

Зв'язок з BIM-технологіями

BIM є ідеальною платформою для генеративного дизайну з кількох причин.

- **Єдина інформаційна модель.** BIM-модель вже містить усі дані про об'єкт (геометрія, матеріали, властивості, інженерні системи). Це дозволяє алгоритмам генеративного дизайну працювати з багатим, структурованим набором даних.
- **Параметричне моделювання.** Багато BIM-програм побудовані на принципах параметричного моделювання, що робить їх гнучкими для зміни параметрів, що є основою генеративного дизайну.
- **Аналіз даних.** BIM-моделі можуть бути використані для швидкого аналізу ефективності згенерованих варіантів (енергетичний аналіз, аналіз сонячного освітлення, розрахунок несучих конструкцій, оптимізація будівельних матеріалів).
- **Створення готових до використання моделей.** Генеративний дизайн може безпосередньо генерувати BIM-сумісні моделі, що дозволяє швидко переходити від концепції до детального проектування та будівництва.

Застосування Генеративного Дизайну в будівельних проєктах

1. Оптимізація планування приміщень.

- Генерація оптимальних розкладів для офісів, квартир, готелів з урахуванням площі, природного освітлення, виду з вікон, близькості до комунікацій, шляхів евакуації тощо.
- Наприклад, Autodesk Project Refinery (частина Dynamo та Revit) дозволяє досліджувати тисячі варіантів розташування елементів.

2. Проектування фасадів та оболонок будівель.

- Створення фасадів, які оптимізують сонячне освітлення, теплові показники, візуальний комфорт, при цьому маючи унікальний естетичний вигляд.
- Розробка сонцезахисних елементів або перфорацій на основі інсоляції.

3. Оптимізація конструкцій.

- **Топологічна оптимізація.** Генерація форм елементів конструкції (наприклад, ферм, балок), які є максимально міцними при мінімальній витраті матеріалу. Це призводить до унікальних, органічних форм, які раніше були неможливі для ручного проектування.
- Оптимізація розмірів та розташування колон, балок для зниження ваги будівлі або підвищення її стійкості

4. Планування будівельних майданчиків.

- Оптимізація розташування будівельних кранів, зон складування, під'їзних шляхів для мінімізації часу будівництва та підвищення безпеки.

5. Енергоефективність.

- Генерація варіантів дизайну, які максимізують пасивне опалення/охолодження, використання денного світла, природну вентиляцію.

Переваги Генеративного Дизайну

- **Дослідження більшої кількості варіантів.** Людина фізично не може перебрати тисячі варіантів; ШІ може.

- **Відкриття несподіваних рішень.** Алгоритми можуть запропонувати рішення, які людина б не розглянула через свої упередження або обмежене бачення.
- **Оптимізація та ефективність.** Значне покращення показників (міцність, вага, енергоспоживання, вартість).
- **Прискорення процесу проектування.** Хоча налаштування може зайняти час, сам процес генерації відбувається дуже швидко.
- **Мінімізація помилок.** Автоматизований процес зменшує людський фактор.
- **Сталість.** Можливість проектувати більш екологічно чисті та ресурсоефективні будівлі.

Виклики

- **Налаштування та розуміння алгоритмів.** Вимагає від дизайнерів нових навичок у визначенні параметрів та цілей.
- **Обчислювальні ресурси.** Генерація тисяч варіантів може вимагати значних обчислювальних потужностей.
- **Інтерпретація результатів.** Не завжди легко вибрати найкращий варіант з великої кількості згенерованих.
- **Естетичні аспекти.** Хоча генеративний дизайн може створювати дивовижні форми, питання естетики та художньої цінності все ще залишається за людиною.

Генеративний дизайн у поєднанні з BIM-технологіями є потужним інструментом, що змінює підхід до проектування, роблячи його більш інтелектуальним, ефективним та орієнтованим на дані. Це дозволяє архітекторам та інженерам зосередитися на творчих аспектах та стратегічному мисленні, делегуючи рутинну оптимізацію та перебір варіантів комп'ютеру.

Автоматична оптимізація в будівельних проєктах

Автоматична оптимізація — це застосування обчислювальних алгоритмів, часто на базі **штучного інтелекту (ШІ)** та **машинного навчання (МН)**, для пошуку найкращого можливого рішення або набору оптимальних рішень для заданої проблеми. Цей процес відбувається на основі заздалегідь визначених цілей та обмежень, причому коригування параметрів, розподілу ресурсів або потоків процесів здійснюється ітеративно, без явного ручного втручання людини для кожного налаштування.

На відміну від **генеративного дизайну**, який створює безліч різноманітних рішень для вибору людиною, автоматична оптимізація часто прагне **уточнити** або **покращити** існуючий дизайн чи план до одного, оптимального (або майже оптимального) стану, або ж безперервно адаптуватися до мінливих умов.

4.5. Основні принципи роботи автоматичної оптимізації

1. Визначення цільової функції. Це математичне представлення того, що ви хочете оптимізувати (наприклад, мінімізувати витрати, максимізувати енергоефективність, мінімізувати час будівництва, максимізувати цілісність конструкції).

2. Визначення змінних/параметрів. Це елементи, які можуть бути змінені або скориговані алгоритмом оптимізації (наприклад, розміри балки, тип матеріалу, розташування стіни, графік виконання завдання, кількість робітників).

3. Встановлення обмежень. Це правила або ліміти, яких необхідно дотримуватися (наприклад, будівельні норми, межі ділянки, бюджетні ліміти, наявність матеріалів, вимоги до несучих навантажень).

4. Алгоритм оптимізації. Це «мозок», який виконує оптимізацію. Поширені алгоритми включають.

- **Евристичні алгоритми.** (наприклад, генетичні алгоритми, оптимізація роєм частинок), які досліджують простір пошуку для знаходження хороших рішень, особливо для складних проблем, де пошук абсолютно найкращого рішення є обчислювально неможливим або занадто повільним.
- **Гradientні алгоритми.** (наприклад, gradientний спуск) для проблем, де цільова функція є диференційованою.
- **Лінійне/нелінійне програмування.** Для проблем, які можуть бути сформульовані як математичні програми.
- **Моделі машинного навчання.** Навчені на історичних даних для прогнозування оптимальних конфігурацій або реакцій на зміни.

5. Ітерація та оцінка. Алгоритм багаторазово змінює змінні, оцінює, наскільки добре нова конфігурація відповідає цільовій функції при

дотриманні обмежень, а потім уточнює рішення. Цей процес триває до тих пір, поки не буде знайдено оптимальне рішення, не буде завершено заздалегідь визначена кількість ітерацій, або не буде досягнутий певний поріг продуктивності.

Сфери застосування автоматичної оптимізації в BIM та будівництві

1. Оптимізація проектування.

- **Оптимізація конструкцій.** Автоматичне коригування розміру, форми та матеріалу елементів конструкції (балок, колон, плит) для мінімізації використання матеріалів при збереженні необхідної міцності та жорсткості. Це виходить за рамки простого структурного аналізу; алгоритм активно **знаходить** найефективнішу структуру.
- **Оптимізація інженерних систем (ОВК, електрика, сантехніка).** Автоматична оптимізація трасування повітропроводів, труб та електричних кабелів для мінімізації довжини, зменшення перешкод та покращення ефективності потоку, часто з урахуванням доступу для обслуговування.
- **Оптимізація фасадів.** Автоматичне коригування розмірів вікон, сонцезахисних пристроїв та властивостей матеріалів для максимізації природного освітлення, мінімізації сонячного теплонадходження та оптимізації видів, при дотриманні естетичних та вартісних обмежень.
- **Планування простору.** Оптимізація внутрішніх планувань офісів, квартир або лікарень для максимізації корисної площі, покращення робочих процесів, забезпечення відповідності стандартам доступності та підвищення комфорту мешканців.

2. Планування та графік будівництва.

- **Вирівнювання та розподіл ресурсів.** Автоматична оптимізація розподілу робочої сили, обладнання та матеріалів у часі для мінімізації простоїв, зменшення пікового попиту та балансування робочих навантажень протягом проекту.
- **Оптимізація графіків.** Коригування послідовності та тривалості завдань для мінімізації загального часу завершення проекту (оптимізація критичного шляху) або для вирівнювання використання ресурсів, з урахуванням залежностей та обмежень.

- **Оптимізація логістики.** Планування оптимального потоку матеріалів на будівельний майданчик та з нього, включаючи графіки поставок, місця зберігання та шляхи руху кранів, для зменшення заторів та підвищення ефективності.

3. Кошторисування та контроль витрат.

- **Оптимізація вибору матеріалів.** Автоматичний вибір найбільш економічно ефективних матеріалів, які відповідають вимогам до продуктивності, з урахуванням таких факторів, як наявність, термін постачання та стійкість.
- **Аналіз «витрати-вигоди».** Оцінка різних дизайнерських або будівельних методологій для виявлення найбільш економічно ефективних рішень, які забезпечують бажану цінність.

4. Експлуатація та управління об'єктами (Цифрові Двійники).

- **Оптимізація енергоспоживання.** Використання ШІ для динамічного коригування систем ОВК, освітлення та інших систем управління будівлею в реальному часі на основі заповнюваності, зовнішніх погодних умов та цін на енергію для мінімізації експлуатаційного споживання енергії.
- **Прогнозне технічне обслуговування.** Аналіз даних з датчиків будівлі (інтегрованих з BIM-моделлями) для прогнозування можливих поломок обладнання та автоматичного планування технічного обслуговування до виникнення несправностей, мінімізуючи час простою та витрати на ремонт.

Інтеграція з BIM

BIM надає вирішальну основу даних для автоматичної оптимізації.

- **Семантична інформація.** BIM-моделі містять не лише геометрію, а й багаті семантичні дані про компоненти будівлі (властивості матеріалів, вартість, характеристики продуктивності, інформацію про виробника). Ці дані є важливим вхідним елементом для алгоритмів оптимізації.
- **Геометричне представлення.** 3D-геометрія з BIM дозволяє виконувати просторовий аналіз, виявлення колізій та візуалізацію оптимізованих рішень.

- **Параметричні можливості.** Програмне забезпечення BIM часто має можливості параметричного моделювання, що означає, що елементи дизайну можуть бути легко змінені шляхом коригування параметрів. Це робить його ідеальним для ітераційних процесів оптимізації.
- **Інтеграція цифрового двійника.** Для операційної оптимізації дані в реальному часі з датчиків будівлі можуть бути передані в цифровий двійник на основі BIM, дозволяючи ШІ виконувати коригування в реальному часі та прогностичний аналіз.

Переваги автоматичної оптимізації

- **Вища продуктивність.** Може знаходити рішення, які людські дизайнери могли б пропустити, що призводить до більш ефективних, економічно вигідних або стійких рішень.
- **Підвищена ефективність.** Автоматизує трудомісткі та часозатратні завдання ітерації по варіантах дизайну або коригування графіків.
- **Зменшення помилок.** Мінімізує людські помилки у складних розрахунках та прийнятті рішень.
- **Прискорення циклів проектування.** Прискорює дослідження та уточнення альтернатив дизайну.
- **Покращене прийняття рішень.** Надає дані для обґрунтованих рішень в управлінні проектами.
- **Посилення сталості.** Допомогає оптимізувати для енергоефективності, зменшення матеріалів та мінімізації відходів.

Приклади на практиці

- **Autodesk's Project Refinery (тепер частина Forma).** Дозволяє користувачам налаштовувати дослідження оптимізації в Revit/Dynamo для різних цілей проектування, таких як максимізація видів, мінімізація сонячного теплонадходження або оптимізація планів поверхів.
- **Інструменти симуляції продуктивності будівель.** Багато інструментів використовують алгоритми оптимізації для пошуку оптимальної орієнтації будівель, співвідношення площі вікон до стін та рівнів ізоляції для енергоефективності.

- **Обчислювальна гідродинаміка (CFD) з оптимізацією.**
Використовується для оптимізації повітряного потоку всередині приміщень для комфорту та енергоефективності.
- **Програмне забезпечення для планування будівництва зі ШІ.**
Сучасні платформи для планування починають включати ШІ для автоматичної оптимізації розподілу ресурсів та послідовності завдань на основі фактичного прогресу проєкту та обмежень.

По суті, автоматична оптимізація, що працює на базі ШІ, перетворює BIM з описового інструменту (якою є будівля) на нормативний інструмент (якою будівля *має бути* для оптимальної продуктивності). Вона дозволяє командам проєкту розширити межі ефективності проєктування та будівництва, що призводить до створення більш розумних, стійких та економічно вигідних об'єктів.

4.6. Виявлення конфліктів (Clash Detection) та їх автоматичного вирішення в контексті BIM та ШІ

Виявлення конфліктів (Clash Detection) та їх автоматичне вирішення

Що таке Виявлення конфліктів (Clash Detection)?

Виявлення конфліктів — це процес ідентифікації колізій або перетину елементів у цифровій BIM-моделі будівлі. Метою є виявлення проблемних зон, де різні будівельні системи (наприклад, архітектурні, структурні, механічні, електричні, сантехнічні, протипожежні) займають один і той же простір або заважають одна одній. Це робиться заздалегідь, на етапі проєктування, щоб уникнути дорогих переробок, затримок та проблем з безпекою під час будівництва.

Типи конфліктів

1. Жорсткі конфлікти (Hard Clashes). Коли два або більше елементів фізично перетинаються або займають один і той же простір (наприклад, труба проходить крізь балку, повітропровід врізається в стіну). Це найбільш очевидні та критичні конфлікти.

2. М'які конфлікти (Soft Clashes/Clearance Clashes). Коли елементи не перетинаються фізично, але порушуються вимоги до мінімального зазору або доступу для обслуговування, монтажу

чи демонтажу (наприклад, недостатній простір між трубами для ізоляції або доступу до клапана).

3. Конфлікти робочих процесів (Workflow Clashes/Schedule Clashes). Коли є конфлікти у послідовності або графіку робіт, які можуть призвести до простоїв або неефективності на будівельному майданчику (наприклад, монтаж стіни до прокладання комунікацій, які мають бути всередині неї).

Традиційний підхід до виявлення конфліктів

Зазвичай виявлення конфліктів виконується за допомогою спеціалізованого BIM-програмного забезпечення (наприклад, Autodesk Navisworks, Solibri, Tekla BIMsight). Процес включає.

1. Об'єднання моделей. Індивідуальні BIM-моделі від різних дисциплін (архітектура, конструкції, інженерні мережі) імпортуються та об'єднуються в єдину координаційну модель.

2. Визначення наборів для перевірки. Визначаються, які категорії елементів будуть перевірятися на конфлікти (наприклад, «повітропроводи проти конструкцій», «труби проти електричних кабелів»).

3. Запуск перевірки. Програмне забезпечення автоматично сканує модель на наявність перетинів або порушень зазорів.

4. Створення звітів. Генерується звіт, що містить список виявлених конфліктів, їх розташування, тип, залучені елементи та скріншоти.

5. Ручне розв'язання. Найбільш трудомісткий етап. Командам проекту (архітекторам, інженерам, конструкторам) потрібно вручну переглядати кожен конфлікт, аналізувати його причину, обговорювати можливі рішення та вносити зміни у відповідні BIM-моделі. Це часто відбувається під час координаційних зустрічей.

Обмеження традиційного підходу

- **Часозатратність.** Ручний перегляд сотень, а іноді й тисяч конфліктів є дуже трудомістким.
- **Хибні спрацьовування (False Positives).** Програмне забезпечення часто виявляє «конфлікти», які насправді не є проблемами (наприклад, дозволені перетини або незначні, які не впливають на будівництво). Це потребує додаткового часу для їх фільтрації.

- **Відсутність пріоритетів.** Звіти зазвичай просто перераховують усі конфлікти без інтелектуального ранжування за важливістю чи ризиком.
- **Складність багаторівневих конфліктів.** Важко розв'язувати конфлікти, що стосуються кількох систем одночасно.
- **Ручне внесення змін.** Навіть після виявлення, сам процес зміни моделей залишається ручним.

Роль ШІ в Автоматичному Вирішенні Конфліктів

Саме тут на допомогу приходить штучний інтелект, який може значно прискорити, автоматизувати та покращити процес виявлення та вирішення конфліктів. ШІ не просто виявляє конфлікти, а й пропонує, а в деяких випадках, навіть **автоматично вносить зміни** для їх усунення.

Як ШІ покращує виявлення та вирішення конфліктів

1. Інтелектуальне виявлення конфліктів та пріоритизація

- **Зменшення хибних спрацьовувань.** ШІ може навчитися розрізняти «справжні» конфлікти від дозволених або несуттєвих перетинів, аналізуючи контекст, типи елементів та встановлені допуски.
- **Пріоритизація конфліктів.** Замість простого списку, ШІ може оцінювати критичність кожного конфлікту на основі таких факторів, як.
 - Вартість потенційної переробки.
 - Вплив на графік проекту.
 - Вплив на безпеку.
 - Складність розв'язання.
 - Кількість залучених дисциплін.
- **Прогнозне виявлення.** ШІ може аналізувати незавершені проекти або початкові ескізи та прогнозувати потенційні конфлікти ще до їх повного моделювання, базуючись на даних попередніх проектів.

2. Автоматична пропозиція рішень (Suggestive Resolution).

- **Аналіз варіантів.** На основі існуючих даних BIM-моделі, будівельних норм, стандартів проектування та історичних да-

них (як розв'язувалися подібні конфлікти раніше), ШІ може генерувати та оцінювати кілька варіантів вирішення конфлікту.

— **Приклади пропозицій.**

- Для конфлікту «повітропровід-балка». пропонувати змінити розмір повітропроводу, змістити його вбік, змінити форму балки (якщо можливо), або навіть запропонувати альтернативну трасу.
- Для конфлікту «труба-кабель». запропонувати змінити висоту труби/кабелю, або їх змістити.
- Для м'яких конфліктів. запропонувати мінімальне збільшення зазору.

— **Оцінка впливу.** ШІ може оцінити вплив кожного запропонованого рішення на інші аспекти проекту (вартість, графік, енергоефективність, конструктивну цілісність).

3. Автоматичне вирішення конфліктів (Automatic Resolution).

- **Внесення змін у модель.** Найбільш просунуті системи ШІ можуть безпосередньо вносити зміни у BIM-модель для усунення конфліктів, використовуючи алгоритми генеративного дизайну та оптимізації.
- **Орієнтація на правила.** ШІ може слідувати заздалегідь встановленим пріоритетам (наприклад, «конструктивні елементи мають найвищий пріоритет, потім сантехніка, потім електрика») для прийняття рішення про те, який елемент слід змінити.
- **Безперервний моніторинг.** Завдяки інтеграції з хмарними BIM-платформами, ШІ може безперервно перевіряти модель на наявність нових конфліктів під час внесення змін будь-якою дисципліною, автоматично виявляючи та вирішуючи їх.

Переваги автоматичного вирішення конфліктів

- **Значне скорочення часу.** Драматично зменшує час, витрачений на ручний перегляд, аналіз та вирішення конфліктів.
- **Зниження витрат на переробки.** Виявлення та вирішення проблем на ранніх етапах проектування запобігає дорогим помилкам на будівельному майданчику.

- **Підвищення якості проєкту.** Забезпечує більш скоординований та безконфліктний дизайн, що призводить до кращої будівельної документації та більш плавного процесу будівництва.
- **Оптимізація робочих процесів.** Дозволяє інженерам та дизайнерам зосередитися на складних, творчих завданнях, делегуючи рутинну роботу ІІІ.
- **Краща співпраця.** Зменшує кількість суперечок та узгоджень, оскільки багато конфліктів вирішуються автоматично або з чіткими пропозиціями.

Приклади та розробки

Хоча повне автоматичне вирішення всіх типів конфліктів все ще є сферою активних досліджень, вже існують значні досягнення.

- **BAMROC від Vavetek.AI.** Це один з прикладів програмного забезпечення, яке позиціонується як інструмент для автоматичного вирішення конфліктів MEP (механічні, електричні, сантехнічні) систем у BIM. Вони стверджують, що їхня система на базі ІІІ може автоматично вирішувати значну частину виявлених конфліктів.
- **Дослідницькі проєкти.** Університети та дослідницькі інститути по всьому світу активно працюють над алгоритмами ІІІ для автоматичного виявлення, класифікації та вирішення конфліктів у BIM.
- **Розширення для існуючих BIM-платформ.** Деякі розробники створюють доповнення (add-ins) для популярних BIM-програм (наприклад, Revit), які використовують алгоритми для автоматизації частини процесу вирішення конфліктів.

Виклики

- **Складність прийняття рішень.** Для деяких складних конфліктів рішення може залежати від багатьох факторів, які важко формалізувати для ІІІ (наприклад, естетика, унікальні вимоги замовника).
- **Довіра до ІІІ.** Інженери та архітектори повинні довіряти рішенням, запропонованим або впровадженим ІІІ. Потрібен механізм верифікації та людського контролю.

- **Якість вхідних даних.** Ефективність ІІІ безпосередньо залежить від якості та повноти BIM-моделей. Неточні або неповні дані призведуть до некоректних рішень.
- **Нормативні обмеження.** Необхідність інтегрувати будівельні норми та правила в алгоритми ІІІ, що може бути складним завданням.

Інтеграція ІІІ в процес виявлення та вирішення конфліктів є ключовим кроком до створення повністю цифрової та інтелектуальної будівельної екосистеми. Це дозволить будівельним проектам стати ще ефективнішими, прозорішими та економічно вигіднішими.

4.7. SMART місто та BIM технології

Концепція «розумного міста» (Smart City) та BIM-технології є двома потужними рушіями сучасної урбаністики та будівництва, які мають величезний потенціал при їх інтегрованому застосуванні.

Що таке SMART місто?

SMART місто — це міська територія, яка використовує цифрові технології (інформаційно-комунікаційні технології — ІКТ) та Інтернет речей (IoT) для покращення якості життя мешканців, удосконалення інфраструктури, модернізації державних послуг, підвищення екологічної стійкості та прискорення економічного розвитку.

Ключові характеристики SMART міста

- **Підключеність.** Широке використання датчиків, сенсорів, камер та інших пристроїв IoT, які збирають дані про різні аспекти міського життя (транспорт, комунальні послуги, безпека, якість повітря тощо).
- **Інтелектуальний аналіз даних.** Зібрані дані аналізуються за допомогою великих даних (Big Data) та штучного інтелекту для виявлення закономірностей, прогнозування подій та прийняття обґрунтованих рішень.
- **Ефективність та оптимізація.** Мета — оптимізувати використання ресурсів (енергія, вода, транспорт), зменшити відходи та підвищити ефективність роботи міських служб.

- **Сталість.** Зосередженість на екологічних аспектах, зменшенні вуглецевого сліду, управлінні відходами та сталому розвитку.
- **Орієнтованість на мешканців.** Надання зручних та доступних цифрових послуг для громадян, залучення їх до управління містом (електронні петиції, мобільні додатки для звітування про проблеми).
- **Інновації та економічний розвиток.** Створення умов для розвитку інноваційних технологій та бізнесу.

Приклади сфер застосування у SMART містах

- **Розумний транспорт.** Управління світлофорами на основі трафіку, інтелектуальні парковки, громадський транспорт з відстеженням в реальному часі.
- **Розумні комунальні послуги.** Моніторинг споживання води/електроенергії, виявлення витоків, оптимізація збору сміття.
- **Безпека.** Відеоспостереження з функціями розпізнавання, системи оповіщення про надзвичайні ситуації.
- **Енергоефективність.** Розумне освітлення вулиць, управління енергоспоживанням будівель.
- **Управління навколишнім середовищем.** Моніторинг якості повітря, води, рівнів шуму.

Роль BIM-технологій у концепції SMART міста

BIM є критично важливим фундаментом для розвитку SMART міст, оскільки він забезпечує цифрове представлення будівель та інфраструктури — ключових компонентів міської екосистеми.

1. Створення «цифрового двійника» міста (Urban Digital Twin).

- BIM-моделі окремих будівель, об'єктів інфраструктури (дороги, мости, тунелі, комунікації) можуть бути об'єднані та інтегровані з геопросторовими даними (GIS) для створення всеосяжного «цифрового двійника» всього міста або його району.
- Цей цифровий двійник стає динамічною платформою, яка відображає фізичне середовище та збирає дані в реальному часі від датчиків IoT.

2. Точне та повне моделювання інфраструктури.

- BIM дозволяє детально моделювати не лише будівлі, а й підземні комунікації (водопровід, каналізація, газопроводи, електричні та телекомунікаційні мережі), транспортні розв'язки, мости, тунелі. Ця інформація є життєво важливою для ефективного управління містом.
- Це допомагає уникнути колізій під час прокладання нових мереж та підвищує безпеку експлуатації.

3. Оптимізація міського планування та розвитку.

- BIM-моделі дозволяють візуалізувати та аналізувати вплив нових будівель на міське середовище (тіні, повітряні потоки, сонячне освітлення, трафік) ще на етапі планування.
- Дозволяє моделювати різні сценарії розвитку (наприклад, щільність забудови, розташування громадського транспорту) та оцінювати їхню ефективність перед прийняттям рішень.
- Сприяє інтегрованому плануванню, де всі міські системи розглядаються як взаємопов'язані елементи.

4. Ефективне управління активами та обслуговування.

- BIM-моделі містять інформацію про всі компоненти будівель та інфраструктури, включаючи дані про виробників, дати встановлення, графіки обслуговування.
- Інтеграція з даними IoT дозволяє здійснювати прогностичне технічне обслуговування. системи III аналізують дані з датчиків (наприклад, стан ліфтів, систем ОВК) та прогнозують можливі поломки, автоматично планує ремонт, мінімізуючи час простою та витрати.
- Це стосується не лише окремих будівель, а й мостів, доріг, водопровідних систем тощо.

5. Підвищення стійкості та енергоефективності.

- BIM дозволяє аналізувати енергоспоживання будівель та кварталів, оптимізувати використання природних ресурсів.
- III, спираючись на дані з BIM та IoT, може динамічно керувати енергоспоживанням цілих районів, оптимізувати освітлення, опалення, охолодження для мінімізації витрат та екологічного сліду.

6. Управління надзвичайними ситуаціями та безпека.

- BIM-моделі з детальною інформацією про будівлі (плани поверхів, шляхи евакуації, розташування систем пожежогасіння) можуть бути інтегровані з системами безпеки та ШІ для покращення реагування на надзвичайні ситуації.
- Наприклад, маршрути евакуації можуть динамічно адаптуватися до ситуації (перекриті виходи), а екстрені служби можуть отримувати точну інформацію про місцезнаходження та стан людей у будівлі.

Інтеграція BIM та SMART City – це.

- **Єдина інформаційна екосистема.** Перехід від розрізнених баз даних до єдиного, інтегрованого джерела інформації про міське середовище.
- **Від Big Data ã Smart Data.** BIM структурує дані про фізичні об'єкти, роблячи їх зрозумілими та придатними для аналізу ШІ.
- **Від реактивного до проактивного управління.** Можливість не просто реагувати на проблеми, а прогнозувати їх та запобігати.
- **Від проєктів до життєвого циклу міста.** Фокус зміщується на управління містом протягом усього його життєвого циклу, а не лише на етапі будівництва.

Приклади та перспективи в Україні

Україна активно розвиває концепцію SMART міст, особливо в умовах післявоєнної відбудови. Київ, Львів та інші міста мають власні ініціативи «Kyiv Smart City» тощо, що стосуються впровадження цифрових сервісів.

- **Плани з відбудови.** Законодавчі ініціативи щодо обов'язковості BIM для об'єктів, що відновлюються за державний кошт, безпосередньо корелюють з концепцією SMART City. Цифрові моделі зруйнованих та новобудов стануть основою для інтегрованого управління відновленою інфраструктурою.
- **Прозорість та ефективність.** Використання BIM у поєднанні з принципами SMART City забезпечить прозорість у процесах відбудови, відстеження фінансів та ефективне використання ресурсів.
- **Моделювання інфраструктури.** Проєкти реконструкції та будівництва нових доріг, мостів, енергетичних та комунальних

мереж будуть моделюватися в BIM, а потім інтегруватися в загальноміські системи для управління та моніторингу.

Інтеграція BIM-технологій та концепції SMART City є ключовим фактором для створення ефективних, сталих, безпечних та комфортних міських середовищ. BIM надає структурні дані про фізичні об'єкти, тоді як SMART City використовує ці дані (часто за допомогою ШІ та IoT) для динамічного управління, оптимізації та підвищення якості життя. Ця синергія є життєво важливою для майбутнього містобудування, особливо для України, яка стоїть перед унікальними викликами та можливостями для відбудови на нових, інтелектуальних засадах.

4.8. Майбутнє BIM технологій у цифровій трансформації суспільства

Майбутнє BIM-технологій у цифровій трансформації суспільства — це не просто еволюція інструментів проектування та будівництва, а глибоке перетворення способів, якими ми створюємо, управляємо та взаємодіємо з нашим побудованим середовищем. BIM стане невід'ємною частиною ширшої цифрової екосистеми, що впливатиме на економіку, державне управління, освіту та якість життя.

Ось ключові напрямки розвитку та впливу BIM у цифровій трансформації суспільства.

1. Поглиблена інтеграція та створення «Цифрового Двійника» на макрорівні

- **Від об'єкта до міста/країни.** Майбутнє BIM полягає в масштабуванні від моделювання окремих будівель до створення комплексних цифрових двійників міст, регіонів і навіть цілих країн. Це дозволить інтегрувати дані про будівлі, інфраструктуру, природні ресурси, демографію та соціальні показники.
- **Інтеграція з ГІС (Географічними Інформаційними Системи).** Поеднання детальних BIM-моделей з широкими геопросторовими даними ГІС створить потужну платформу для міського планування, управління надзвичайними ситуаціями, моніторингу навколишнього середовища та розвитку сталої інфраструктури.
- **Динамічні цифрові двійники.** Зв'язок BIM-моделей з даними IoT у реальному часі створить динамічні цифрові двійники, які не лише відображатимуть стан об'єктів, а й прогнозувати-

муть їхню поведінку, оптимізуватимуть експлуатацію та попереджатимуть про можливі несправності.

2. Розширене застосування Штучного Інтелекту та Машинного Навчання

- **Автоматизоване проектування та оптимізація.** ШІ буде не просто допомагати дизайнерам, а й генерувати та оптимізувати цілі проектні рішення (генеративний дизайн), враховуючи тисячі параметрів (вартість, сталість, функціональність, естетика, будівельні норми).
- **Прогнозне управління проектами.** ШІ аналізуватиме величезні обсяги даних для прогнозування ризиків, затримок, перевитрат бюджету та пропонуватиме проактивні рішення.
- **«Розумні» будівельні майданчики.** Дрони, роботи та сенсори, керовані ШІ, моніторитимуть прогрес будівництва, забезпечуватимуть безпеку, контролюватимуть якість та оптимізуватимуть логістику.
- **Роботизація будівництва.** BIM-моделі служитимуть основою для програмування будівельних роботів та 3D-принтерів, які автоматизуватимуть виконання робіт на майданчику.

3. Блокчейн та підвищення довіри та прозорості

- **Безпека та незмінність даних.** Блокчейн може використовуватися для створення незмінних записів про всі зміни в BIM-моделі, контрактах, ланцюгах постачання та платежах, забезпечуючи високий рівень прозорості та довіри між усіма учасниками проекту.
- **Смарт-контракти.** Автоматичне виконання умов контракту (наприклад, оплата після досягнення певної будівельної віхи, зафіксованої у BIM-моделі) за допомогою смарт-контрактів на базі блокчейну.
- **Керування ланцюгом постачання.** Відстеження походження та руху матеріалів, забезпечення їхньої автентичності та відповідності стандартам сталого розвитку.

4. Віртуальна та Доповнена Реальність (VR/AR)

- **Імерсивне проектування та презентація.** VR дозволить повністю занурюватися в BIM-моделі для оцінки простору, матеріалів та функціональності ще до початку будівництва.

- **AR на будівельному майданчику.** Доповнена реальність дозволить накладати BIM-модель на реальне середовище, допомагаючи робітникам візуалізувати приховані комунікації, перевіряти відповідність виконаних робіт проекту та отримувати покрокові інструкції.
- **Спільна робота в VR/AR.** Учасники проекту з різних куточків світу зможуть зустрічатися у віртуальних середовищах BIM для спільних оглядів та прийняття рішень.

5. Фокус на життєвому циклі та сталому розвитку

- **Від 7D до 8D, 9D...** Подальший розвиток BIM включатиме глибший аналіз сталості (8D), безпеки (9D) та інших аспектів протягом усього життєвого циклу об'єкта.
- **Кругова економіка.** BIM сприятиме проектуванню будівель, які легко демонтувати, а їхні компоненти використовувати повторно або переробляти, що відповідає принципам кругової економіки.
- **Оптимізація ресурсів.** Максимально ефективне використання матеріалів, води та енергії на всіх етапах, від виготовлення до експлуатації та утилізації.

6. Вплив на суспільство та економіку

- **Прозорість та підзвітність.** Особливо актуально для України в контексті відбудови. BIM та пов'язані з ним цифрові інструменти забезпечать безпрецедентний рівень прозорості у використанні коштів, відстеження прогресу та контролю якості.
- **Створення нових робочих місць.** Потреба у BIM-менеджерах, спеціалістах з даних, розробниках ШІ-рішень для будівництва створить нові можливості на ринку праці.
- **Підвищення ефективності інвестицій.** Прискорення проектів, зменшення помилок та оптимізація витрат зроблять будівельну галузь більш привабливою для інвестицій.
- **Якість життя.** Більш ефективне міське планування, «розумні» будівлі, краще управління інфраструктурою — все це безпосередньо вплине на комфорт, безпеку та якість життя мешканців.
- **Гармонізація стандартів.** Міжнародне співробітництво сприятиме розробці та впровадженню єдиних глобальних BIM-стандартів, що полегшить транскордонну співпрацю.

Майбутнє BIM в Україні

Для України, яка стоїть перед викликом масштабної відбудови, майбутнє BIM є не просто бажаним, а **життєво необхідним**.

- **Прозорість відбудови.** Законодавче закріплення обов'язкового використання BIM для державних проєктів стане ключовим елементом прозорості та ефективності використання міжнародних коштів.
- **Швидкість та якість.** BIM дозволить проєктувати та будувати швидко, з високою якістю та мінімальними помилками.
- **Інтеграція в європейську екосистему.** Впровадження BIM сприятиме гармонізації будівельної галузі України з європейськими стандартами та практиками.
- **Залучення інвестицій.** Іноземні інвестори очікують і вимагають використання BIM для своїх проєктів, що зробить Україну більш привабливою для інвестицій.

BIM-технології стануть центральним елементом цифрової трансформації будівельної галузі, яка, своєю чергою, буде ключовим рушієм цифрової трансформації всього суспільства, створюючи більш «розумні», ефективні та сталі міста та інфраструктуру майбутнього.

Висновки

Навчальний посібник «BIM-технології та Процесний Менеджмент» розкрив багатогранність сучасної будівельної індустрії, підкреслюючи її перехідний етап від традиційних методів до цифрової ери. Ми дослідили, як **Технології Інформаційного Моделювання Будівель (BIM)** стали наріжним каменем цієї трансформації, пропонуючи не просто інструменти для 3D-моделювання, а цілісну методологію управління проектами, що охоплює весь життєвий цикл об'єкта.

Ключові висновки, які впливають з матеріалів цього посібника, можна згрупувати наступним чином.

1. BIM як основа цифрової трансформації. BIM є центральним елементом цифровізації будівельної галузі. Це єдина джерело правди про проект, що забезпечує безпрецедентну прозорість, точність та ефективність на всіх етапах — від концепції до експлуатації та демонтажу. Впровадження BIM дозволяє мінімізувати помилки, скоротити терміни виконання робіт та оптимізувати витрати.

2. Невід'ємність процесного менеджменту. Ефективність BIM-технологій неможлива без глибокого розуміння та застосування принципів **процесного менеджменту**. Чітко налагоджені робочі процеси, стандартизована взаємодія між учасниками проекту, грамотний розподіл ролей та відповідальності є критично важливими для реалізації всього потенціалу BIM. Синергія BIM та процесного менеджменту створює складні проекти на керовані та успішні.

3. III як каталізатор інновацій. Застосування **Штучного Інтелекту (ШІ)** виводить можливості BIM на якісно новий рівень. ШІ дозволяє автоматизувати оптимізацію проектування, здійснювати прогностичний аналіз ризиків, інтелектуально керувати ресурсами та об'єктами. Такі інструменти, як **генеративний дизайн, автоматична оптимізація та автоматичне вирішення конфліктів**, що базуються на ШІ, не просто прискорюють процеси, а відкривають шлях до інноваційних та раніше неможливих рішень.

4. BIM та SMART-міста. BIM є фундаментальною основою для побудови **«розумних міст» (SMART City)**. Інтеграція BIM-моделей

з даними IoT та аналітикою ШІ дозволяє створювати «цифрові двійники» міської інфраструктури, що забезпечує інтелектуальне управління ресурсами, підвищення енергоефективності, покращення безпеки та якості життя мешканців.

5. Перспективи та виклики для України. Для України, яка стоїть перед масштабними завданнями з відбудови, BIM-технології є не просто інструментом, а стратегічною необхідністю. Вони забезпечать прозорість, ефективність та інвестиційну привабливість проектів відновлення. Однак, успішне впровадження вимагає подолання викликів, таких як адаптація нормативно-правової бази, підготовка кваліфікованих кадрів, подолання консервативності галузі та значні початкові інвестиції.

Підсумовуючи, опанування BIM-технологій та принципів процесного менеджменту є критично важливим для фахівців будівельної галузі в еру цифрової трансформації. Ці знання не лише відкривають двері до нових професійних можливостей, а й дозволяють активно долучатися до створення ефективного, прозорого та сталого майбутнього нашого побудованого середовища. Майбутнє будівництва — це інтелектуальне будівництво, і ви, як майбутні фахівці, відіграватимете ключову роль у його формуванні.

Підсумковий контроль

Запитання для самоперевірки:

Розділ 1. Основи BIM-технологій та Основи Процесного Менеджменту

Частина 1: Основи BIM-технологій

1. **Що таке BIM?** Дайте повне визначення абревіатури BIM та поясніть її суть не лише як про програмне забезпечення, а як про процес.
2. **Які основні відмінності між 2D CAD та BIM-моделюванням?** Наведіть щонайменше 3 ключові відмінності.
3. **Назвіть основні виміри BIM (n-D BIM)** та коротко поясніть, що кожен з них представляє. (Наприклад, 3D, 4D, 5D, 6D, 7D).
4. **Які основні переваги впровадження BIM для учасників будівельного проекту (наприклад, для замовника, проектувальника, будівельника)?** Наведіть щонайменше 3 переваги.
5. **Що таке інформаційна модель (BIM-модель)?** З яких компонентів вона складається (геометрія, атрибути)?
6. **Поясніть концепцію «єдиного джерела правди» в BIM.** Чому це важливо?
7. **Що таке IFC (Industry Foundation Classes)?** Яку роль відіграє IFC у контексті OpenBIM?
8. **Назвіть приклади програмного забезпечення, яке використовується для BIM-моделювання.**
9. **Які ризики можуть виникнути при впровадженні BIM-технологій без належної підготовки?** Назвіть 3 ризики.
10. **Що таке LOD (Level of Development) або LOIN (Level of Information Need)?** Поясніть їхнє значення у BIM-проекті.

Частина 2: Основи Процесного Менеджменту

1. **Що таке Процесний Менеджмент (Business Process Management — BPM)?** Дайте визначення.

2. Які основні етапи Процесного Менеджменту? Перерахуйте їх у логічній послідовності.

3. Чому важливо документувати та аналізувати існуючі бізнес-процеси перед їх оптимізацією або впровадженням нових технологій (як-от BIM)?

4. Які інструменти або методи можуть використовуватися для візуалізації та моделювання бізнес-процесів? Наведіть 2 приклади.

5. Що означає «оптимізація бізнес-процесів»? Яких цілей вона зазвичай прагне досягти?

6. Поясніть різницю між функціональним та процесним підходом до управління організацією.

7. Наведіть приклад бізнес-процесу у будівельній галузі, який можна оптимізувати за допомогою BIM.

8. Що таке «власник процесу» та яку роль він відіграє у процесно-му менеджменті?

9. Які показники (метрики) можуть бути використані для оцінки ефективності бізнес-процесу? Наведіть 2 приклади.

10. Як взаємопов'язані Процесний Менеджмент та впровадження BIM-технологій? Поясніть цей зв'язок.

Запитання для самоперевірки:

Розділ 2. BIM в управлінні життєвим циклом будівельного об'єкта

1. **Визначення життєвого циклу:** Назвіть та коротко опишіть основні етапи життєвого циклу будівельного об'єкта, починаючи від ідеї і закінчуючи експлуатацією/демонтажем.

2. **Загальна цінність BIM:** Поясніть, чому BIM є ефективним інструментом для управління всім життєвим циклом будівельного об'єкта, а не лише етапом проектування.

3. Етап концепції та планування (Pre-design/Conception):

- Яким чином BIM може бути використаний на ранніх стадіях проекту (концепція, техніко-економічне обґрунтування, архітектурна концепція)?
- Наведіть 2–3 приклади переваг використання BIM на цьому етапі.

4. Етап проектування (Design):

- Які основні дисципліни (розділи проєкту) працюють з BIM-моделлю на етапі проектування?
- Як BIM сприяє координації та виявленню колізій між цими дисциплінами? Назвіть інструменти.
- Які типи документації генеруються з BIM-моделі на етапі проектування?

5. Етап будівництва (Construction):

- Яким чином BIM може допомогти в управлінні графіком будівництва (4D BIM)?
- Як BIM використовується для розрахунку обсягів матеріалів та формування кошторисів (5D BIM)?
- Які переваги отримує будівельна компанія від використання BIM на будівельному майданчику?

6. Етап експлуатації та управління (Operations & Maintenance — O&M):

- Яка інформація з BIM-моделі є найціннішою для етапу експлуатації будівлі?
- Наведіть 2–3 приклади використання BIM (або інформації з BIM-моделі) для ефективного управління об'єктом після завершення будівництва.
- Що таке «As-Built» модель і чому вона важлива для етапу експлуатації?

7. Етап демонтажу/реконструкції (Decommissioning/Renovation):

- Яким чином BIM-модель може бути корисною на етапі демонтажу або капітального ремонту/реконструкції будівлі?

8. Інформаційний потік:

- Як інформація, створена на попередніх етапах життєвого циклу за допомогою BIM, може бути використана на наступних етапах?
- Поясніть концепцію «безперервного потоку даних» у контексті BIM та життєвого циклу об'єкта.

9. Важливість інтеграції: Чому важливо забезпечити інтеграцію даних та процесів між різними етапами життєвого циклу будівельного об'єкта за допомогою BIM?

10. Виклики: Які основні виклики або перешкоди можуть виникнути при спробі застосувати BIM на всіх етапах життєвого циклу проєкту?

Розділ 3. Організаційні та управлінські аспекти впровадження BIM

1. BIM як стратегічний інструмент:

- Чому впровадження BIM розглядається не просто як зміна програмного забезпечення, а як стратегічна зміна для організації?
- Які довгострокові вигоди може отримати компанія, інтегруючи BIM у свою стратегію?

2. Зміни в організаційній структурі:

- Як впровадження BIM може вплинути на існуючу організаційну структуру компанії?
- Назвіть нові ролі або відділи, які можуть з'явитися в організації після впровадження BIM (наприклад, BIM-відділ, BIM-менеджер).
- Які традиційні відділи або ролі можуть потребувати перекваліфікації або зміни функцій?

3. Управління проектами з BIM:

- Як BIM змінює підходи до управління проектами в будівельній галузі?
- Які нові інструменти або методології управління проектами стають актуальними при використанні BIM (наприклад, Common Data Environment)?
- Опишіть, як BIM покращує співпрацю та координацію між різними учасниками проекту.

4. BIM Execution Plan (BEP):

- Що таке BIM Execution Plan (BEP)? Для чого він потрібен?
- Хто є відповідальним за розробку та погодження BEP?
- Які ключові розділи зазвичай включає BEP? (Назвіть щонайменше 3).

5. Вимоги до інформації (EIR/AIR):

- Що таке Employer's Information Requirements (EIR) та Asset Information Requirements (AIR)? У чому їхня відмінність?
- Навіщо замовнику потрібно чітко формулювати свої вимоги до інформаційної моделі?

6. Лідерство та підтримка керівництва:

- Чому підтримка вищого керівництва є критично важливою для успішного впровадження BIM?

- Які дії має здійснити керівництво, щоб продемонструвати свою підтримку?

7. Управління знаннями та навчання:

- Яке значення має безперервне навчання та розвиток компетенцій персоналу після впровадження BIM?
- Які формати навчання можуть бути використані для підвищення кваліфікації BIM-фахівців?

8. Стандартизація процесів:

- Чому стандартизація внутрішніх процесів та робочих процедур є важливою при переході на BIM?
- Наведіть приклади того, що може бути стандартизовано (наприклад, іменування файлів, структура моделі).

9. Оцінка успіху впровадження:

- Які показники (метрики) можна використовувати для оцінки успішності впровадження BIM в організації? (Наведіть 2–3 приклади).
- Чому важливо проводити регулярний аналіз та коригування BIM-процесів?

10. Виклики управління:

- Які основні управлінські виклики можуть виникнути під час впровадження BIM?
- Як можна їх мінімізувати або подолати?

Запитання для самоперевірки:

Розділ 4. Приклади використання BIM та переваги інтегрованого застосування BIM та ШІ

Частина 1: Приклади використання BIM

1. 3D-моделювання та візуалізація:

- Які переваги 3D-моделювання в BIM надає на етапі концептуального проектування та презентації замовнику?
- Наведіть приклади, як якісна візуалізація, створена за допомогою BIM, може вплинути на рішення зацікавлених сторін.

2. Виявлення колізій (Clash Detection):

- Що таке «виявлення колізій» у контексті BIM?
- Чому важливо проводити виявлення колізій на ранніх етапах проектування? Які переваги це дає?
- Які типи колізій можна виявити за допомогою BIM?

3. Кількісні показники та кошторис (Quantity Take-off & Cost Estimation/5D BIM):

- Як BIM-модель сприяє точному та швидкому формуванню кількісних показників матеріалів та робіт?
- Які переваги використання 5D BIM надає для бюджетування проекту?

4. Планування та управління графіком (4D BIM):

- Що таке 4D BIM? Як він допомагає в управлінні графіком будівництва?
- Наведіть приклад, як візуалізація етапів будівництва за допомогою 4D BIM може бути корисною.

5. Управління експлуатацією та обслуговуванням (FM/6D BIM):

- Яка інформація з BIM-моделі є критично важливою для подальшої експлуатації будівлі?
- Наведіть 2–3 приклади, як BIM може оптимізувати процеси управління об'єктом, такі як технічне обслуговування, енергоменеджмент або управління активами.

6. Сталий розвиток та енергоефективність:

- Як BIM може бути використаний для аналізу енергоефективності будівлі та оптимізації її екологічних показників?

Частина 2: Переваги інтегрованого застосування BIM та Штучного Інтелекту (ШІ)

7. Синергія BIM та ШІ:

- Поясніть, чому інтеграція BIM та ШІ вважається перспективним напрямком у будівельній галузі. У чому полягає їхня синергія?

8. ШІ для оптимізації проектування:

- Наведіть 2–3 приклади, як ШІ може бути використаний на етапі проектування BIM-моделей (наприклад, генеративний дизайн, оптимізація планування).

9. ІІІ для аналізу та управління:

- Як ІІІ може допомогти в аналізі великих обсягів даних BIM-моделей для прийняття кращих рішень (наприклад, прогнозування ризиків, оптимізація використання ресурсів)?
- Наведіть приклад застосування ІІІ для автоматизації виявлення колізій або перевірки моделей на відповідність стандартам.

10. ІІІ на будівельному майданчику:

- Опишіть, як ІІІ може бути інтегрований з BIM на етапі будівництва (наприклад, для моніторингу прогресу, контролю якості, безпеки).

11. ІІІ в експлуатації будівель:

- Яким чином ІІІ, використовуючи дані з BIM, може покращити управління інфраструктурою та експлуатацію будівель (наприклад, прогностичне обслуговування, оптимізація споживання енергії)?

12. Виклики інтеграції:

- Які основні виклики або обмеження існують при спробі інтегрувати BIM та ІІІ у реальних проектах?

Запитання для самоперевірки:

Управління змінами при впровадженні BIM

Частина 1: Оцінка готовності організації до впровадження BIM

1. Назвіть основні кроки, які необхідно здійснити для оцінки поточної готовності організації до впровадження BIM.
2. Які аспекти існуючих процесів та інфраструктури слід аналізувати перед впровадженням BIM? Наведіть 3 приклади.
3. Поясніть, що таке SWOT-аналіз і як він застосовується для оцінки готовності до BIM. Наведіть по одному прикладу для кожного з чотирьох елементів (Сила, Слабкість, Можливість, Загроза) у контексті впровадження BIM.
4. Які методи можна використовувати для оцінки рівня знань та навичок персоналу щодо BIM? Чому ця оцінка є важливою?

Частина 2: Розробка стратегії та плану впровадження BIM

5. Якими повинні бути цілі впровадження BIM (вимоги до формулювання цілей)? Наведіть 2 приклади SMART-цілей для впровадження BIM.
6. Що таке «дорожня карта впровадження BIM» і чому вона є важливою? Які ключові етапи можуть бути включені в таку дорожню карту?
7. Які три основні категорії ресурсів необхідно визначити та спланувати для впровадження BIM? Наведіть по 2 приклади для кожної категорії.
8. Яку роль відіграє пілотний проект у стратегії впровадження BIM?

Частина 3: Реалізація плану впровадження BIM

9. Які критерії слід враховувати при виборі програмного забезпечення для BIM?
10. Опишіть важливість безперервного навчання та підвищення кваліфікації персоналу в контексті впровадження та подальшого розвитку BIM.
11. Навіщо організації необхідно розробляти власні внутрішні стандарти та методики роботи з BIM? Наведіть 3 приклади таких стандартів.
12. Що може включати в себе процес налаштування програмного забезпечення після його вибору?

Частина 4: Управління опором змінам

13. Назвіть щонайменше 4 типові причини опору змінам при впровадженні нових технологій, таких як BIM.
14. Опишіть три стратегії подолання опору змінам. Для кожної стратегії наведіть приклад її застосування у контексті BIM.
15. Чому ефективна комунікація є критично важливою для управління змінами? Які принципи комунікації варто дотримуватися?
16. Хто такі «BIM-чемпіони» і яку роль вони відіграють у процесі подолання опору та впровадження BIM?
17. Які кроки можна зробити для залучення співробітників до процесу впровадження BIM?

Список літератури

Основна література

1. Національні та Міжнародні Стандарти BIM.

- Системи управління якістю, ВИМОГИ, Видання офіційне: ДСТУ ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015, IDT) — [Чинний від 2016]. — К.: ДП «УкрНДНЦ» 2016–30 с. (Національні стандарти України). — Настанови щодо управління якістю в проектах: ISO 10006:2018 (ISO 10006:2017, IDT) — [Чинний від 12 грудня 2018 р. № 479]. — К.: ДП «УкрНДНЦ» 2017–36 с. (Національні стандарти України).
- Організація та оцифрування інформації щодо будівель та споруд включно з будівельним інформаційним моделюванням (BIM). Управління інформацією з використанням будівельного інформаційного моделювання. Частина 1. Концепції та принципи. Видання офіційне: ДСТУ ISO 19650–1:2020 (ISO 19650–1:2018, IDT). *[Обов'язково для розуміння основних термінів та принципів управління інформацією в BIM]*
- Організація та оцифрування інформації щодо будівель та споруд включно з будівельним інформаційним моделюванням (BIM). Управління інформацією з використанням будівельного інформаційного моделювання. Частина 2. Етап будівництва. Видання офіційне: (ISO 19650–2:2018, IDT). *[Практичні рекомендації для фази будівництва]*
- Структура стандартів будівельного інформаційного моделювання. Видання офіційне: ДСТУ ISO/TS 12911:2020 (BIM) (ISO/TS 12911:2012, IDT). *[Загальні принципи розроблення стандартів BIM]*
- Інші частини серії ISO 19650 (наприклад, ISO 19650–3 для експлуатації, ISO 19650–5 для безпеки інформації, коли вони будуть гармонізовані в Україні).
- Концепція впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM) в Україні до 2025 року. Затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України. *[Для розуміння державної стратегії та дорожньої карти впровадження BIM]*

2. Загальні концепції BIM та управління проектами.

- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). *BIM Handbook. A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers,*

- Engineers, and Contractors*. Wiley. (2018). [Класичний, вичерпний посібник з BIM]
- Aynon, J. *Construction Manager's BIM Handbook*. Wiley Blackwell. (2017) [Фокус на застосуванні BIM для менеджменту будівництва]
 - Pavan, A., Daniotti, B., Mirarchi, C., Pasini, D., Lupica Spagnolo, S., & Caffi, V. *BIM-Based Collaborative Building Process Management*. Springer. (2020). [Гарний ресурс для інтеграції BIM та управління процесами]
 - Бушуєв С. Д., Ярошенко Ф. О. *Управління проектами. основи. Навчальний посібник*. Київ. ІРІДІУМ. (2018). [Загальні принципи управління проектами, адаптовані до українських реалій]

Додаткова література та електронні ресурси

1. BIM та Штучний Інтелект.

- Sarker, M., & Das, S. *Artificial Intelligence in Construction Management. A BIM-Based Approach*. CRC Press. (2022). [Один з новітніх ресурсів про інтеграцію ШІ в будівництві]
- Bilal, M., Oyedele, L. O., & Owolabi, H. A. *Artificial Intelligence and Machine Learning in BIM*. Springer. (2018). [Огляд застосувань ШІ та МН у BIM]
- Актуальні статті та огляди з наукових журналів (наприклад, Automation in Construction, Journal of Construction Engineering and Management) та конференцій (наприклад, CIB W78, EG-ICE) щодо генеративного дизайну, автоматичної оптимізації, блокчейну та VR/AR у будівництві.

2. Процесний менеджмент.

- PMBOK Guide (A Guide to the Project Management Body of Knowledge). *Project Management Institute*. [Визнаний стандарт управління проектами]
- Hammer, M., & Champy, J. *Reengineering the Corporation. A Manifesto for Business Revolution*. HarperBusiness. (1993). [Класична праця з реінжинірингу бізнес-процесів]
- Porter, M.E. *Competitive Advantage. Creating and Sustaining Superior Performance*. Free Press. (1985). [Хоча не про будівництво, але концепції ланцюга створення вартості та процесів є фундаментальними]

3. Українські джерела та спільноти.

- Офіційні сайти державних органів. Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України (Мінвідновлення), ДП «УкрНДНЦ» (національний орган стандартизації).

- BIM-спільноти та асоціації в Україні. Ukrainian BIM Community (UBC), Міждержавна гільдія інженерів-консультантів (МГІК), Український центр сталого будівництва (УЦСБ). *[Ці організації часто публікують переклади стандартів, рекомендації та матеріали конференцій]*
- Наукові статті та дисертації українських авторів з питань BIM та управління проектами, опубліковані у провідних технічних ВНЗ (КНУБА, ЛП, ХНУБА тощо).
- Bushuyev, Sergiy; Bushuyeva, Natalia; Bushuiev, Denis; Bushuieva, Victoria; Integrated Intelligence Model for Assessment Digital Transformation Project, 2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), 42–46, 2023, IEEE (**Scopus**)

4. Програмне забезпечення та платформи.

- Документація та навчальні матеріали до провідних BIM-програмних продуктів (Autodesk Revit, ArchiCAD, Tekla Structures, Solibri, Autodesk Navisworks).
- Онлайн-курси та вебіари від розробників ПЗ та навчальних центрів.

Додатки

Додаток А

Процесний підхід згідно вимог Системи управління якістю, ВІМОГИ, Видання офіційне: ДСТУ ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015, IDT) — [Чинний від 2016]. — К.: ДП «УкрНДНЦ» 2016 — 30 с. (Національні стандарти України). — Настанови щодо управління якістю в проектах: ISO 10006:2018

0.3 Процесний підхід

0.3.1 Загальні положення Цей стандарт сприяє прийняттю процесного підходу під час розроблення, запровадження та поліпшення результативності системи управління якістю для підвищення задоволеності замовника виконанням його вимог Конкретні вимоги, що їх вважають суттєвими для прийняття процесного підходу, долучено до 4.4. Розуміння та керування взаємопов'язаними процесами як системою сприяє результативності та ефективності організації в досягненні її запланованих результатів. Цей підхід дає змогу організації контролювати взаємозв'язки та взаємозалежності процесів системи з тим, щоб уможливити підвищення загальної дієвості організації. Процесний підхід передбачає систематичне визначання процесів і їх взаємодій та керування ними з тим, щоб досягати запланованих результатів відповідно до політики у сфері якості та стратегічного напрямку організації. Керування процесами та системою в цілому може бути досягнуто використанням циклу РОСА (див. 0.3.2) за загальної зосередженості на ризик-орієнтованому мисленні (див. 0.3.3), націленому на використання можливостей і запобігання небажаним результатам. Застосування процесного підходу в межах системи управління якістю уможливає: а) розуміння та постійне задоволення вимог; б) розглядання процесів з погляду створювання додаткових цінностей; с) досягнення результативного функціонування процесів; сі) поліпшення процесів на основі оцінювання даних та інформації. На рисунку 1 подано схематичне зображення будь-якого процесу та показано взаємодію його елементів. Контрольні точки моніторингу та вимірювання необхідні для контролювання, специфічні для кожного процесу та змінюватимуться залежно від пов'язаних з ним ризиків.

Навчальне видання

БУШУЄВА Наталія Сергіївна

ВІМ ПРОЦЕСНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Редагування та коректура *А. М. Найдьон*
Комп'ютерне верстання *А. П. Морозюк*

Підписано до друку 23.09.2016 Формат 60 × 84 1/ 16
Ум. друк. арк. 6,74 Обл.-вид. арк. 7.25 00
Електронний документ. Вид. № 10/I-16 Зам. 40/1-16

Видавець і виготовлювач:
Київський національний університет
будівництва і архітектури

Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03680

Свідоцтво про внесення
до Державного реєстру суб'єктів видавничої справи
ДК № 808 від 13.02.2002 р.