BIM В УПРАВЛІННІ БУДІВЕЛЬНИМИ ПРОЄКТАМИ

Конспект лекцій

Ковров А. В., Менейлюк О. І., Нікіфоров О. Л., Руссий В. В., Мар'янко Я. Г.,
Пущіна Н. В., Бочевар К. І., Менейлюк І. О.

Співфінансується Європейським Союзом

The Bridge BIM architecture engineering construction

Міністерство освіти і науки України
Одеська державна академія будівництва та архітектури

Ковров А. В., Менейлюк О. І., Нікіфоров О. Л., Руссий В. В., Мар'янко Я. Г., Пущіна Н. В., Бочевар К. І., Менейлюк І. О.

ВІМ В УПРАВЛІННІ БУДІВЕЛЬНИМИ ПРОЄКТАМИ

Конспект лекцій

у межах реалізації проєкту

«The BRIDGE – Подолання розриву між університетом і промисловістю: інноваційна магістерська навчальна програма, що підтримує розвиток зелених робочих місць і цифрових навичок в українському будівельному секторі»

Проєкт №101127884 (ERASMUS-EDU-2023-CBHE-STRAND-2)

Конспект лекцій підготовлено за фінансової підтримки EACEA – European Education and Culture Executive Agency, співфінансовано Європейським Союзом

Одеса – 2025

УДК 69:004.9(07)
В 56

Рекомендовано до видання Вченою радою
Одеської державної академії будівництва та архітектури
(протокол № 2 від 02 жовтня 2025 року)

В 56 **BIM в управлінні будівельними проєктами** : конспект лекцій / Ковров А. В., Менейлюк О. І., Нікіфоров О. Л., Руссий В. В., Мар'янко Я. Г., Пущіна Н. В., Бочевар К. І., Менейлюк І. О. — Одеса : ОДАБА, 2025. — 131 с. **ISBN 978-617-8365-29-5**

Авторський колектив:

КОВРОВ А. В.	ректор Одеської державної академії будівництва та архітектури, керівник команди проєкту The BRIDGE від академії, кандидат технічних наук, професор
МЕНЕЙЛЮК О. І.	завідувач кафедри технології будівельного виробництва Одеської державної академії будівництва та архітектури / старший експерт та викладач магістерської програми академії проєкту «The BRIDGE», доктор технічних наук, професор, професор
НІКІФОРОВ О. Л.	доцент кафедри технології будівельного виробництва Одеської державної академії будівництва та архітектури, предметний експерт та викладач магістерської програми академії проєкту «The BRIDGE», кандидат технічних наук, доцент
РУССИЙ В. В.	старший викладач кафедри технології будівельного виробництва Одеської державної академії будівництва та архітектури, предметний експерт та викладач магістерської програми академії проєкту «The BRIDGE», доктор філософії
МАР'ЯНКО Я. Г.	завідувачка кафедри іноземних мов Одеської державної академії будівництва та архітектури / предметний експерт, кандидат філологічних наук, доцент
ПУЩІНА Н. В.	предметний експерт програми академії проєкту «The BRIDGE»
БОЧЕВАР К. І.	старший викладач кафедри технології будівельного виробництва Одеської державної академії будівництва та архітектури, доктор філософії
МЕНЕЙЛЮК І. О.	доцент кафедри хімії та екології Одеської державної академії будівництва та архітектури, доктор наук

Рецензенти:

ПРИЙМАК О. О.	доктор технічних наук, професор, Київський національний університет будівництва і архітектури
БЛІХАРСЬКИЙ З. Я.	доктор технічних наук, професор, Національний університету «Львівська політехніка»
НАЗАРЕНКО І. І.	доктор технічних наук, професор, Президент Академії будівництва України

Конспект лекцій розроблено в рамках проєкту 101127884 – The BRIDGE, що співфінансується Європейським Союзом: «Інноваційні магістерські курси на підтримку покращення енергетичного та вуглецевого сліду будівельного фонду України».

Проєкт співфінансується Європейським Союзом, проте висловлені погляди та думки належать лише авторам цього проєкту і не обов'язково відображають погляди Європейського Союзу чи Європейського виконавчого агентства з питань освіти та культури. Ні Європейський Союз, ні грантодавець не можуть нести за них відповідальність.

У конспекті лекцій розглядаються результати наукових досліджень і практичного досвіду щодо застосування технологій BIM в управлінні будівельними проєктами. Особливу увагу приділено цифровим інструментам для планування, координації, моніторингу та реалізації будівництва на всіх його етапах.

УДК 69:004.9(07)
В 56

© Колектив авторів, 2025
© Одеська державна академія будівництва та архітектури, 2025

ISBN 978-617-8365-29-5

ЗМІСТ

ЗМІСТ 3

ВСТУП..... 6

ОСНОВНІ ВИЗНАЧЕННЯ ТА СКОРОЧЕННЯ 10

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ТА ПОНЯТТЯ ЩОДО УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ BIM..... 11

Контрольні питання за розділом 1……...18

РОЗДІЛ 2. ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ПОЛОЖЕНЬ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ УКРАЇНИ ПРИ УПРАВЛІННІ ПРОЄКТАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ BIM..... 19

Контрольні питання за розділом 2……...28

РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЯ РЕАЛІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬНОГО ПРОЄКТА З ВИКОРИСТАННЯМ BIM 29

3.1. Традиційні та інноваційні організаційні форми управління будівельним проєктом…….29

3.2. Організація взаємодії учасників проєкту при застосуванні BIM…..…….48

3.3. Організація команд управління будівельними проєктами з використанням BIM……..51

3.4. Матриця розподілу обов’язків учасників будівельного проєкту……...60

3.5. Загальний план реалізації будівельного проєкту BEP (PIR+EIR+BEP)……62

Контрольні питання за розділом 3……...67

РОЗДІЛ 4. СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ КОНЦЕПЦІЇ УПРАВЛІННЯ БУДІВНИЦТВОМ……..68

Контрольні питання по розділу 4……73

РОЗДІЛ 5. ВИКОРИСТАННЯ СЕРЕРОДОВИЩА СПІЛЬНИХ ДАНИХ ТА ВІДКРИТИХ ФОРМАТІВ ДАНИХ (CDE ТА OPENBIM) 74

Контрольні питання за розділом 5……...80

РОЗДІЛ 6. ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПРИ УПРАВЛІННІ ПРОЄКТАМИ З ЗАСТОСУВАННЯМ BIM 81

6.1. Основні функції та можливості програмних комплексів з управління проєктами……...81

6.2. Основні функції та можливості програмних комплексів, які використовуються для створення нових рівнів BIM. Використання хмарних середовищ…….87

6.3. TeamWork-системи. Системи керування будівельними підприємствами та портфелями будівельних проєктів…….97

Контрольні питання за розділом 6……102

РОЗДІЛ 7. СПЕЦІАЛЬНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПРИ УПРАВЛІННІ ПРОЄКТАМИ З ЗАСТОСУВАННЯМ BIM 104

7.1. Технології доповненої, змішаної та віртуальної реальності (AR, MR та VR) в інтеграції з програмними комплексами BIM……104

7.2. Інтернет речей (IoT), дрони, роботизація та штучний інтелект……...108

7.3. Робота з масивами даних (BigDate). Цифрові двійники……...112

Контрольні питання за розділом 7……115

РОЗДІЛ 8. ОПТИМІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНИХ РІШЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ 117

8.1. Методика та програмний інструментарій багатокритеріального аналізу для вибору ефективних будівельних рішень……...117

8.2. Методика оптимізації управлінських рішень в будівництві з урахуванням діючих обмежень……119

Контрольні питання за розділом 8……121

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ 123

ВСТУП

Конспект лекцій розроблено у межах реалізації міжнародного проєкту ERASMUS-EDU-2023-CBHE-STRAND-2, Project ID 101127884; Acronym – The BRIDGE. Назва проєкту: «Подолання розриву між університетом і промисловістю: інноваційна магістерська навчальна програма, що підтримує розвиток зелених робочих місць і цифрових навичок в українському будівельному секторі».

Мета проєкту – створення нових магістерських програм із застосуванням технологій BIM в архітектурі, інженерії та будівництві в українських університетах спрямоване на просування передового досвіду ЄС з розробки та впровадження освітніх методологій та конкретних знань і практичних навичок, пов'язаних з енергоефективністю та стійкістю життєвого циклу будівель та міського середовища, що спираються на вимоги, встановлені Порядком денним ООН на період до 2030 року, з особливим наголосом на Цілі сталого розвитку 7, 10, 11, а також пріоритети «Зеленого курсу» ЄС та економіку, яка працює для людей.

Координатор міжнародного проєкту The BRIDGE: Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро, Україна.

Керівник команди проєкту від Одеської державної академії будівництва та архітектури – ректор, к.т.н., проф. Ковров А. В. Task-manager команди – начальник відділу міжнародних зв'язків, к.е.н., доц. Пандас А. В.

В межах проєкту The BRIDGE в Одеській державній академії будівництва та архітектури розроблено освітньо-наукову програму «BIM інжиніринг» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти з галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво, спеціальності G19 Будівництво та цивільна інженерія, гарант освітньо-наукової програми – к.т.н., доц. Шеховцов В.І.

Освітній компонент «BIM в управлінні будівельними проєктами» викладається кафедрою технології будівельного виробництва Одеської державної академії будівництва та архітектури у відповідності до освітньо-наукової програми «BIM інжиніринг».

В конспекті лекцій узагальнено досвід авторів, відомих вчених, фахівців та будівельників. Конспект лекцій розроблено з врахуванням досвіду викладання освітньої компоненти «Інновації в організації та управлінні будівництвом» та публікації 12 книжок серії «Сучасне будівництво», які розроблені авторами.

Конспект лекцій складається зі змісту, вступу, восьми розділів (кожний з яких супроводжується контрольними питаннями) та списку використаних інформаційних джерел.

Сутнісний зміст конспекту лекцій визначається наступними елементами: розглядом загальних відомостей щодо використання BIM при управлінні будівельними проєктами та аналізом застосування положень ДСТУ ISO 19650; розглядом традиційних та інноваційних організаційних форм управління будівельними проєктами; відомостями з побудови загального плану реалізації будівельного проєкту при різних варіантах організації роботи команд з застосуванням BIM; аналізом можливостей створення матриці розподілу обов'язків проєктної групи; розглядом сучасних інформаційно-комунікаційних концепцій управління будівництвом; аналізом використання середовища спільних даних та відкритих форматів даних; аналізом використання сучасних програмних засобів та спеціальних інформаційних технологій; розглядом методик оптимізації будівельних рішень з використанням сучасних програмних засобів.

Конспект лекцій допоможе розібратись в різноманітті рішень, що використовуються при управлінні будівельними проєктами з використанням BIM. Відомості, приведені щодо рішень з рисунками дозволять вивчити їх особливості.

Сучасне будівництво стрімко змінюється під впливом цифрових технологій, що охоплюють усі етапи життєвого циклу таких проєктів – від концептуального проєктування до експлуатації та демонтажу об'єкту. Однією з найефективніших технологій у цій сфері є BIM (Building Information Modeling / будівельне інформаційне моделювання). Воно дозволяє забезпечити створення BIM (Building Information Model / будівельна інформаційна модель). А також виконувати її зберігання, інтеграцію, аналіз, наповнення інформацією, коригування та багато

іншого на протязі всього життєвого циклу будівельного проєкту. При цьому BIM є платформою для взаємодії усіх стейкхолдерів.

На тлі гострої потреби в ефективному, безпечному, стійкому і ресурсозберігаючому відновленні інфраструктури Україні актуальність використання BIM стрімко зростає.

BIM дозволяє не лише покращити якість реалізації життєвого циклу будівельних проєктів, але й значно: знизити витрати та ризики; покращити якість управління будівельними процесами. BIM допомагає скоротити витрати на реалізацію будівельного проєкту на 20…40% [1]. Завдяки цим перевагам, BIM активно використовується у країнах ЄС, США, Китаї, Японії. А віднедавна й в Україні: при розробці нормативної бази; в освітніх програмах та в практичній реалізації будівельних проєктів. Особливо, призначених для багаторазового відтворення.

В Україні більше 100 000 будівель та споруд зазнали пошкоджень або повністю зруйновані. Використання BIM при їх відновленні є критично важливим для забезпечення ефективного планування, координації та реалізації відновлювальних проєктів. BIM надає змогу адаптувати відновлення до наявних ресурсних обмежень; враховувати сучасні екологічні, енергетичні та соціальні виклики. Тому, використання BIM в управлінні будівельними проєктами є надзвичайно актуальним.

Конспект лекцій базується на найкращих європейських практиках впровадження BIM в управління проєктами. Його адаптовано до українських умов і нормативів (зокрема, ДСТУ ISO 19650) з урахуванням цілей сталого розвитку та європейського Зеленого курсу.

Основна мета цього курсу – сформувати у здобувачів вищої освіти системне бачення BIM, як інструменту управління будівельними проєктами на рівні менеджера.

Впровадження BIM – це не лише сучасний тренд, а й стратегічна необхідність для післявоєнного відновлення України та її інтеграції у європейський простір цифрового будівництва. Саме тому вивчення питань, розглянутих у даному

конспекті лекцій, є важливим кроком до створення конкурентоспроможної, ефективної та сталої будівельної галузі.

Конспект лекцій рекомендується здобувачам всіх форм навчання і рівнів вищої освіти з галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво», слухачам курсів підвищення кваліфікації і перекваліфікації спеціалістів, аспірантам, викладачам, науковцям, фахівцям проєктних та будівельних підприємств.

ОСНОВНІ ВИЗНАЧЕННЯ ТА СКОРОЧЕННЯ

1. **BIM** (Building Information Model or Building Information Modeling) – в залежності від контексту «будівельна інформаційна модель» або «будівельне інформаційне моделювання».
2. **PIR** (Project Information Requirements) + **EIR** (Employer`s Information Requirements) + **BEP** (BIM Execution Plan) – «інформаційні вимоги щодо проєкту» + «інформаційні вимоги замовника» + «план реалізації BIM».
3. **CDE** (Common Data Environment) – середовище спільних даних.
4. **OpenBIM** (Open Building Information Modeling) – дослівний переклад «відкрите інформаційне моделювання будівель». Але під цим терміном широко застосовується непрямий переклад – «відкриті формати даних», який відображає сутність цього терміну.
5. **TeamWork-системи** – програмні засоби, які забезпечують роботу в команді стейкхолдерів будівельного проєкту.
6. **AR, MR та VR** (Augmented Reality, Mixed Reality, Virtual Reality) – «доповнена реальність», «змішана реальність» та «віртуальна реальність».
7. **IoT** (Internet of Things) – «інтернет речей».
8. **УП –** управління проєктами.
9. **ПК –** програмний комплекс.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ТА ПОНЯТТЯ ЩОДО УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ BIM

Будівельне інформаційне моделювання будівель (BIM) є одним із найперспективніших напрямків розвитку в архітектурній, інженерній та будівельній галузях [2].

Завдяки технології BIM точна віртуальна модель будівлі створюється цифровим способом. BIM враховує багато функцій, необхідних для моделювання життєвого циклу будівлі, забезпечуючи основу для нових можливостей та змін у ролях та взаємовідносинах у команді будівельного проєкту [2].

Запровадження BIM дозволяє значно скоротити витрати ресурсів та виконувати оптимізацію рішень на всіх етапах життєвого циклу будівельного проєкту. Наприклад, програма Уряду Великобританії BIM другого рівня підтримує досягнення наступних цілей, які встановлені у політиці «Будівництво 2025»:

- на 33% зменшення первісних витрат на будівництво та загальної вартості побудованих активів;
- на 50% скорочення загального часу від початку експлуатації до завершення будівництва нових будівельних та оновлених фондів;
- на 50% скорочення викидів парникових газів у середовищі будівництва;
- на 50% скорочення розриву в торгівлі будівельними товарами та матеріалами [3].

Будівельне інформаційне моделювання являє собою цифрову технологію для описування й представлення інформації, застосовної до планування, проєктування та управління зведенням й експлуатацією об’єктів будівництва. Цей підхід до моделювання набуває щодалі більшого поширення, охоплюючи всі аспекти середовища забудови, в тому числі, об’єкти інфраструктури, інженерні мережі та місця громадського користування. Такий підхід до управління інформацією об’єднує різні набори даних, використовувані протягом всього життєвого циклу будівельного проєкту, в об’єднане інформаційне середовище, зменшуючи, а часом

і зовсім усуваючи, потребу в багатьох типах традиційно використовуваної документації на паперових носіях [4].

Цей підхід зазвичай називають будівельним інформаційним моделюванням (Building Information Modeling; BIM); застосування поняття започатковано було в сфері архітектури, причому ту саму абревіатуру використовують також для позначення результату процесу – інформаційної моделі як такої, або інформаційної моделі будівлі (Building Information Model; BIM) [4].

Хоча основну увагу в зазначених вище процесах будівництва приділено фізичній структурі середовища забудови, технологія BIM також може сприяти процесам, пов’язаним із управлінням використовуваним простором будівель та у ширшому масштабі – міських кварталів і міст, а також з об'єктами інфраструктури та інженерними мережами будівель [4].

Потрібне спільне розуміння процесів протягом усього життєвого циклу об’єкта будівництва у середовищі забудови, зокрема, інформації, потрібної для реалізації процесу та отримання його результатів. Це стосується будь-якої діяльності, яка призводить до обміну інформацією, і може не стосуватися безпосередньо BIM, як наприклад, процес складання плану робіт чи укладання договору [4].

Слід визначитись з основними термінами та визначеннями для аналізу основних положень управління будівельним проєктом з застосуванням BIM.

Згідно [4]:

- *будівельне інформаційне моделювання* (BIM – Building Information Modeling) – використання загального цифрового представлення об’єкта будівництва (в тому числі, будівель, мостів, доріг, технологічного устаткування тощо) для сприяння процесам проєктування, спорудження та експлуатації, а також створення надійної основи для прийняття рішень. Абревіатура BIM також означає цифрове представлення для спільного використання фізичних і функціональних характеристик будь-яких об’єктів будівництва;
- *програмне забезпечення BIM* (BIM software application) – програмне забезпечення, застосовуване для створення, змінення, аналізування,

управління, публікування, спільного використання, скасування або інших дій з елементами BIM;

- *об’єкт будівництва* (construction works) – все, що побудовано або є результатом будівельних робіт. Термін може означати будівлю, об’єкт інфраструктури (дорога, міст, трубопровід тощо) або елемент благоустрою території, а також бути застосованим у більш широкому розумінні, охоплюючи сукупність цих елементів, з яких сформовано міський район, університетське містечко або інституційний заклад;
- *процес будівництва* (construction process) – процес, у якому використовують будівельні ресурси для досягнення результатів будівництва.

Згідно [5]:

- *план виконання завдань будівельного інформаційного моделювання* (BIM execution plan) – план, в якому зазначено, як виконавчою групою буде реалізовано завдання за аспектами інформаційного менеджменту. В основу плану виконання завдань BIM на етапі попередньої кваліфікації має бути покладено запропонований виконавчою групою підхід до управління інформацією з урахуванням її компетентності та спроможності щодо управління інформацією.

Згідно [6]:

- *життєвий цикл об'єкта* – комплекс послідовних за змістом і часом періодів існування будівельного об'єкта від концепції його створення до зняття з експлуатації та ліквідації;
- *будівельна інформаційна модель* (Building Information Model, BIM) – це набір структурованих і неструктурованих інформаційних контейнерів (наборів даних) в рамках цілісної інформаційної системи, що містять у собі необхідні геометричні, фізичні, функціональні та інші характеристики об'єкта, які є джерелом для документації, що супроводжує життєвий цикл об’єкта (проєктна документація, кошториси, та ін.). Зміст будівельної інформаційної моделі є тотожним змісту проєктної документації, розширений додатковими даними.

- *BIM-менеджмент* – більш конкретизоване поняття, що базується на визначенні інформаційного менеджменту. В рамках будівельної галузі – це виконання певних завдань та процедур, що застосовуються до процесів введення, обробки, створення та передачі даних для забезпечення точності та цілісності інформації протягом усього життєвого циклу об'єкта. Також, BIM-менеджмент – це керівництво процесом впровадження BIM в організації, забезпечення досягнення цілей, пов’язаних з BIM, а також підтримка розробки/надання нових послуг і ефективності використання інформаційного моделювання.

Загалом можливості застосування BIM на різних стадіях життєвого циклу найбільш яскраво відображено у [6] (рис. 1.1).

З рисунку 1.1. ми можемо констатувати, що будівельна галузь, разом із суміжними, має тенденцію до переходу з виробництва креслень до генерації та управління інформацією як інтелектуальним, аналітичним активом, що суттєво змінює сам підхід до всіх процесів і зміщує акцент з їхнього лінійного покрокового поступу на більш інтерактивний та колаборативний процес [6].

Стандарт [5] містить вимоги, пов’язані з управлінням інформацією на етапі будівництва об’єкта нерухомого майна, які потрібно регулярно переглядати, допоки не буде впроваджено найкращий практичний досвід.

Загалом, треба розділяти при використанні BIM управління: організацією; активом та проєктом; інформацією (рис. 1.2) [5]. З рисунку 1.2: *AIM – інформаційна модель активу* (asset information model); *PIM – інформаційна модель проєкту* (project information model); A – початок етапу будівництва: передача відповідної інформації з AIM до PIM; B – поступове розвинення моделі проєктних рішень у віртуальну модель об’єкта будівництва; C – кінець етапу будівництва: передача відповідної інформації з PIM в AIM [5].

<table>
<tr><td rowspan="12">Життєвий цикл BIM</td><td>Концепція</td><td rowspan="4">Проєктування</td><td>Параметричне моделювання та бібліотеки</td><td rowspan="4">(паралельність та надійність проєктування)</td><td>⇦ Інтеграція польових даних лазерного сканування</td></tr>
<tr><td>Проєкт</td><td>Розрахунок конструкцій та аналіз колізій</td><td>⇨ Сховище даних для аналітики по оптимізації проєкту</td></tr>
<tr><td>Аналіз</td><td>Координація між дисциплінами</td><td>⇨ Опорна модель для симуляцій та швидкого прототипування</td></tr>
<tr><td>Кошторис</td><td>Інтерговане проєктування будівельних процесів</td><td>⇔ Передача/ інтеграція даних для аналізу продуктивності</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Будів-ництво</td><td rowspan="4">Будівництво</td><td>Планування будівництва та кошторисів</td><td rowspan="4">(обмін даними в режимі реального часу; інтеграція та координація)</td><td>⇔ Обмін даними через інструменти для управління проєктами</td></tr>
<tr><td>Ефективні, наповнені інформацією тендери</td><td>⇨ Опорна модель для попереднього виготовлення елементів виробництва</td></tr>
<tr><td>Координація підрядників та постачальників</td><td>⇨ Опорна модель для автоматизованого та автономного обладнання</td></tr>
<tr><td>Передача</td><td>Постійна інтеграція систем між сторонами</td><td>⇔ Обмін даними з інструментами будівництва та моніторингу</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Обслуго-вування

Ремонт</td><td rowspan="3">Експлуатація</td><td rowspan="3">Зберігання, обслуговування та використання будівельної інформації</td><td rowspan="3">(відпрацьовані BIM-операції та обслуговування)</td><td>⇔ Будівельна підтримка для ремонту та утилізації</td></tr>
<tr><td>⇨ Платформа даних для моніторингу стану об’єкту та прогнозування його обслуговування
⇔ Сховище даних для системи управління об’єктами та активами</td></tr>
<tr><td>⇨ Платформа даних для віртуальної передачі моделі та введення її в експлуатацію</td></tr>
</table>

Рис. 1.1 Технології BIM в рамках життєвого циклу будівельного проєкта

Мещерякова О.М. в своїй роботі [7] стверджує, що основним спеціалістом ефективного BIM є BIM-менеджер або менеджер будівельного проєкту. Його основні напрямки роботи – визначення основних цілей проєкту та координація всіх учасників процесу й їхніх рішень для успішної реалізації будівельного проєкту. Крім цього, серед функцій BIM-менеджера можуть бути ще два великих напрями:

розробка або адаптація BIM-стандарту, контроль за ходом створення об'єкту, які детально розкриті у [7].

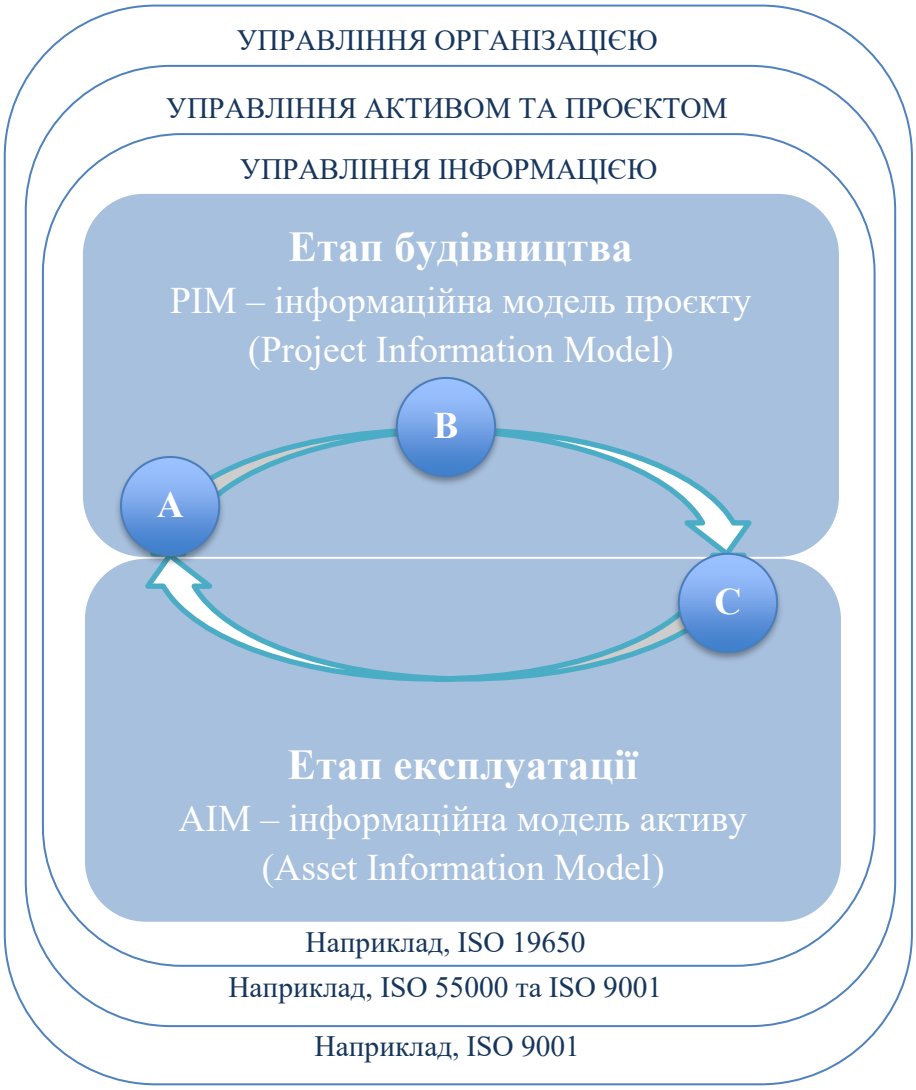


Рис. 1.2 Розмежування використання нормативних документів при управлінні: організацією; активом та проєктом; інформацією

BIM-менеджер працює як відповідальний за координування команди і використання моделі. Для цього він повинен відслідковувати хід роботи, оцінювати та порівнювати із поставленими цілями. BIM менеджер повинен знати на високому рівні програмне забезпечення, з яким працює фірма, логіку BIM-програми, суть технологій [7].

Частина перелічених функцій може належати до компетенції окремого фахівця *BIM-координатора*, який може виконувати обов'язки помічника BIM-менеджера котрому при наявності координатора, залишаються стратегічні та

організаційні функції. До обов'язків також можуть входити консультування та організації тренінгів підвищення кваліфікації для працівників; відвідування конференцій, семінарів, воркшопів з метою набуття нових знань та кращих практик з BIM проєктування, особливостей оновлень програмного забезпечення та поширення знань в організації [7].

BIM-моделлер/технік. Основними обов'язками BIM-моделлера є створення та наповнення інформаційної моделі, оформлення на її основі графічних зображень, відповідно до BIM стандарту, BIM координація та валідація [7].

Один із прикладів керування BIM-проєктом за допомогою BIM менеджера зображено на рисунку 1.3. Цей варіант запропонований у роботі [7].

З вищесказаного та рисунку 1.3 можливо зробити висновок, що управління проєктами з застосуванням BIM потребує мультидисциплінарного навчання BIM менеджера.

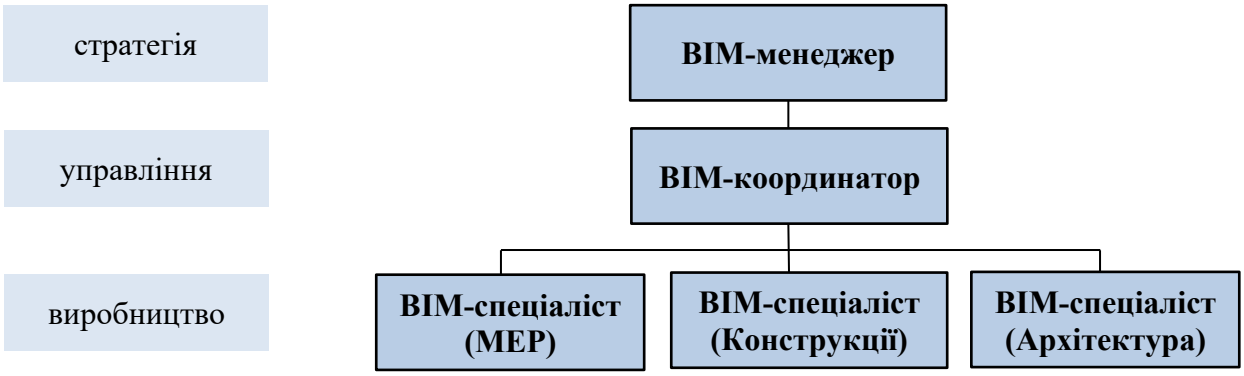


Рис. 1.3 Ролі та функції учасників проєкту: MEP – спеціалісти з комунікацій

Таким чином BIM-менеджер реалізовує свою основну функцію управління реалізацією будівельного проєкту.

Під поняттям *«проєкт»* прийнято розуміти ланцюжок завдань, які необхідно виконати у встановлений термін та з витратою певних ресурсів, щоб отримати результат. Друге визначення проєкту – процес вирішення якоїсь проблеми, – від задуму чи ідеї вирішення до остаточної реалізації ідеї [8].

Управління проєктами – діяльність з вирішення завдань та досягнення поставлених цілей проєкту [8].

Під управлінням проєктами розуміється застосування знань, навичок, інструментів та методів для виконання проєкту відповідно до поставлених вимог [8].

Ресурси проєкту – трудові (ІТР та робітники), технічні (обладнання, машини) та/або матеріальні (витратні матеріали), що використовуються для виконання завдань за проєктом [8].

Застосування BIM в організації та управлінні будівництвом дозволяє об'єднати фахівців: з розробки проєкту та зведення об'єкта, контролю, експлуатуючих організацій та ін. шляхом створення єдиної інформаційної моделі об'єкта.

В управлінні будівництвом інформаційна модель використовується для планування, аналізу та контролю виконання будівельно-монтажних робіт, обліку постачання матеріалів та обладнання, дотримання техніки безпеки, контролю та обліку витрачання коштів та ін.

Контрольні питання за розділом 1.

1. Що таке будівельне інформаційне моделювання (BIM) і які основні цілі його впровадження у будівельну галузь?
2. Які переваги використання BIM у порівнянні з традиційним проєктуванням і документообігом на паперових носіях?
3. Що таке «життєвий цикл будівельного проєкта» у контексті BIM і які основні етапи він включає?
4. Які основні функції виконує BIM-менеджер і як вони відрізняються від обов’язків BIM-координатора та BIM-моделлера?
5. Як BIM сприяє інтеграції учасників будівельного проєкту на різних стадіях реалізації об’єкта?
6. Яке значення має використання BIM у управлінні ресурсами проєкту (трудовими, технічними, матеріальними)?

РОЗДІЛ 2. ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ПОЛОЖЕНЬ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ УКРАЇНИ ПРИ УПРАВЛІННІ ПРОЄКТАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ BIM

Активний поштовх до застосування BIM в Україні надано після схвалення Концепції впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) в Україні (розпорядженням Кабінету Міністрів України від 17 лютого 2021 р. № 152-р). В цей же час державним підприємством «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ») було розроблено ДСТУ ISO/TS 12911:2020 Структура стандартів будівельного інформаційного моделювання (BIM) (ISO/TS 12911:2012, IDT). Разом з цим ДП «УкрНДНЦ» та іншими структурами було розроблено стандарти [4, 5, 9-11].

Серія стандартів ДСТУ ISO 19650 [4, 5, 9-11] – це набір міжнаціональних стандартів, які визначають структуру, принципи та вимоги до збору, використання та управління інформацією в будівельних та цивільних проєктах та об’єктах протягом їх життєвого циклу, і в першу чергу спрямовані на:

- суб’єкти, залучені до етапів проєктування, будівництва та введення в експлуатацію збудованих об'єктів, які в цьому документі та відповідно до стандарту ISO називаються етапом розробки;
- суб’єкти, залучені до діяльності з управління активами, включаючи експлуатацію та технічне обслуговування, які в цьому документі та відповідно до ISO називаються фазою експлуатації [4, 5, 9-12].

Згідно ДСТУ ISO 19650 життєвий цикл проєкту поділяється на дві складові: інформаційна модель проєкту (PIM) під час планування та будівництва та інформаційна модель активів (AIM) під час операцій (рис. 2.1) [4, 5, 12].

Інформація про проєкт (моделі, дані та документи) створюється протягом усього етапу планування та будівництва. Більша частина цієї інформації може бути використана для монтажних робіт, хоча є значна кількість інформації, яка корисна лише для проєктування і будівництва, а потім може бути відкинута [4, 5, 12].

Інформаційна модель активів (AIM), що надається під час реалізації будівельного проєкту, зазвичай є скороченою формою *інформаційної моделі проєкту (PIM).* Однак, AIM повинна містити інформацію, необхідну для цифрового опису та експлуатації активу. В процесі експлуатації AIM буде розширюватися додатковою інформацією в результаті майбутніх модифікацій і загального накопичення даних. З точки зору власника, AIM пропонує найбільшу цінність, тоді як PIM є засобом для досягнення мети [4, 5, 12].

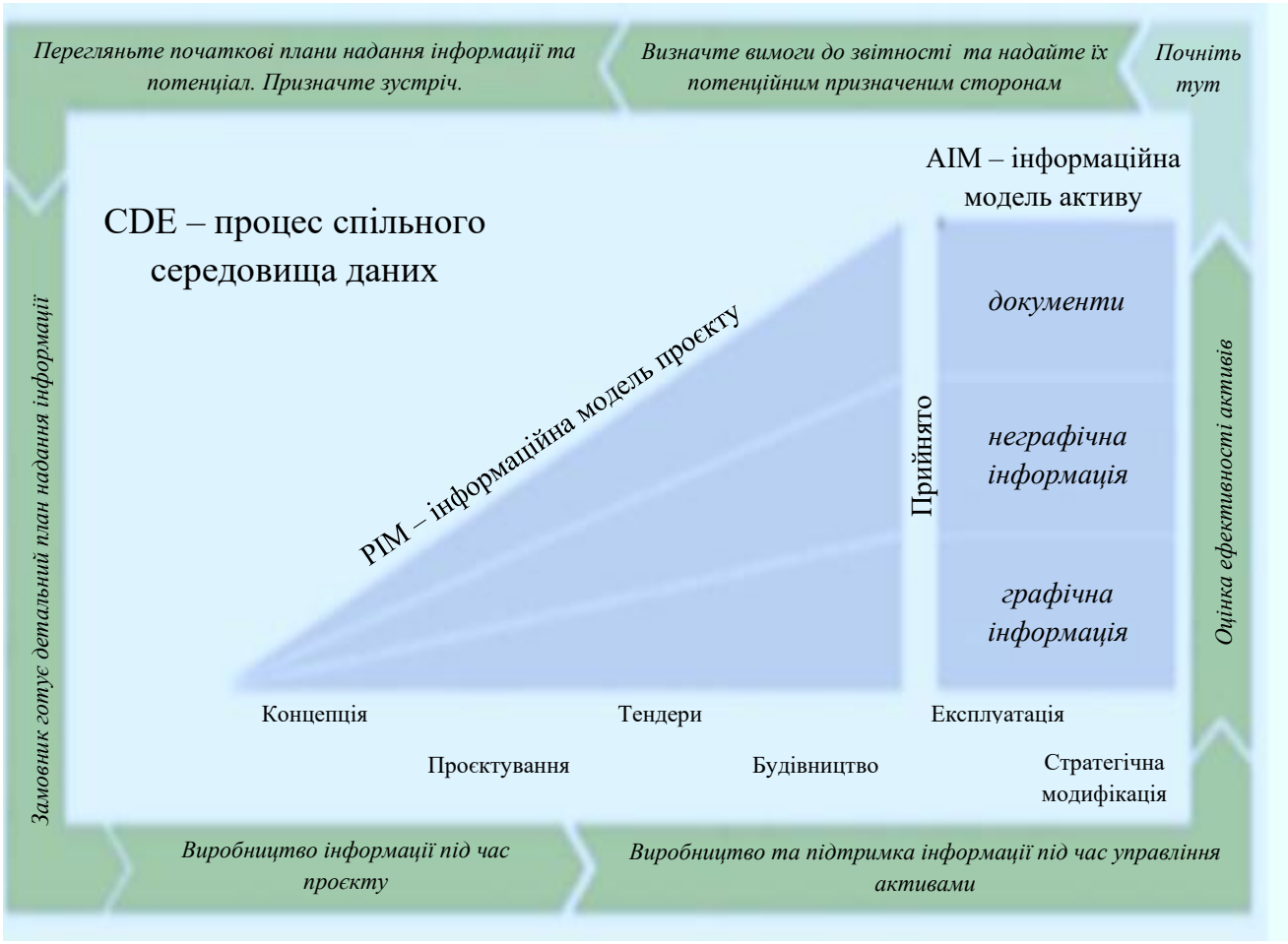


Рис. 2.1 Ролі та функції учасників проєкту

Життєвий цикл інформації ISO 19650 описує інші види діяльності, пов'язані з процесом BIM. На рисунку 2.1 ми бачимо, що регулярні цикли обміну відбуваються протягом усього життєвого циклу проєкту (позначені синіми колами). Крім того, існують періодичні точки доставки даних (або «скидання *даних*»), які надаються клієнту в ключові моменти прийняття рішень (позначені

зеленим кольором). У цьому прикладі таких точок три на початку проєкту (наприкінці перших трьох фаз проєкту), одна під час передачі проєкту і одна на етапі експлуатації [4, 5, 12].

Хоча детальні компоненти управління проєктами BIM (визначення використання BIM, вимоги до обміну даними та протоколи для співпраці та координації) не розроблені в ISO 19650, ці стандарти є чудовим ресурсом для встановлення загального визначення життєвого циклу BIM та окреслення загальних процесів, пов'язаних з цим процесом. Рекомендується використовувати ISO 19650-1 і -2 як систему відліку, на основі якої можна розробити специфікацію проєкту BIM і плани виконання [12].

Вступний розділ до стандарту ISO 19650 містить пояснення ключових понять та переваг для управління проєктами. BIM представлено не тільки як 3D-інструмент управління цифровою інформацією, але і як новий підхід до управління проєктами, коли сторони контракту здійснюють обмін цифровою інформацією на всіх етапах реалізації будівельного проєкту, охоплюючи проєктування, закупівлі, введення в експлуатацію і будівництво [13].

Результатом BIM є *«цифровий двійник»* (англ. digital twin) активу, який буде побудовано. Це цифрова копія майбутньої фізичної системи, і вона використовується як для розробки, так і для проєктування. Цим також забезпечується основа для розробки нових послуг або нових способів використання активу, а також для подальшого обслуговування [13].

BIM надає можливість краще керувати обміном інформацією, використовувати вдосконалені інструменти для перевірки якості, а також підвищити довіру до обмінюваної інформації. Він підвищує продуктивність роботи проєктувальників та інженерів-консультантів, оскільки вони все ширше використовують його численні можливості в управлінні інформацією. Процеси BIM також є способом створення довіри між різними сторонами будь-якого проєкту. Сприяючи справжній спільній роботі, використання BIM-процесів допомагає зміцнити взаєморозуміння і довіру [13].

Використовуючи BIM і обидві частини ISO 19650, інженери-консультанти можуть продемонструвати в режимі реального часу актуальність і відповідність проєкту. Поняття «загальна інформація» відноситься до можливостей використання у BIM цифрової інформації для моделювання і відтворення проєкту на кожному етапі розробки. Обмін цією структурованою інформацією з усіма відповідними сторонами також полегшує процес прийняття рішень, у тому числі щодо остаточного затвердження. Використання відкритих стандартів для структурування інформації спрощує її поширення [13].

На сьогоднішній день впровадження BIM як методології дає найкращий результат, що виявляється в покращенні якості інформаційних результатів і структурованому посиленні співпраці та інтегруванні в процес управління проєктами [13].

Важливо, щоб процес управління проєктами залишався звичним, з усіма необхідними базовими знаннями та досвідом. BIM вносить додаткові інструменти, метадані та поняття до тих самих фундаментальних традиційних процесів проєктування, планування, проведення торгів, виконання, комунікації та координації. Це призводить до покращень у частині зниження фінансових збитків, економії часу, підвищення якості та зниження ризиків [13].

Підхід BIM обстоює гнучкі й ощадливі принципи для кращого планування як вихідних даних у проєкті, так і кінцевих результатів. Це покращує комунікацію та взаємодію між різними зацікавленими сторонами і різними етапами реалізації будівельного проєкту і сприяє пошуку комплексного підходу до змін і оптимізації [13].

Профільними нормативними документами з управління проєктами при використанні BIM є [4, 5]. Розглянемо деякі їх особливості.

ДСТУ ISO 19650-1 [4]. Ключові поняття документа:

- *план виконання BIM (BIM Execution Plan, BEP)* – план, у якому пояснюється, як саме група реалізації будівельного проєкту буде виконувати аспекти управління інформацією для призначення. У плані виконання BIM (англ. скорочено – BEP) визначається, як, чому, коли і ким будуть здійснюватися аспекти інформаційного

моделювання контракту. Застосування BIM має бути чітко узгоджене з клієнтом і зазначено в договорі поряд з «потребами», що відповідають узятим узгодженим договірним зобов'язанням. BEP (план виконання BIM) повинен розглядатися як частина якісної архітектури проєкту на додаток до Плану управління проєктом або реалізовуватися в ньому. У ньому повинна бути наведена детальна інформація не тільки про сам процес створення і доставки інформації, але і його цілі (визначення застосування BIM) і суб'єкти (призначення відповідальності за це). Частина 2 ISO 19650, що концентрується на етапі реалізації активів, надає деяку допоміжну інформацію щодо визначення процесів і суб'єктів. Цілі, як правило, є складовою частиною рекомендацій з питань реалізації BEP (Плану виконання BIM) у складі визначення використання пропонованого BIM;

- *рівень потреби в інформації* – це основа, що визначає обсяг і деталізацію інформації. Однією з цілей визначення рівня потреби в інформації є запобігання наданню занадто великого обсягу інформації;

- *інформаційний контейнер* – це постійний набір інформації, що отримується з файлу, системи чи застосовного запам'ятовувального пристрою. Приклад: у тому числі підкаталог, масив інформації (охоплюючи модель, документ, таблицю, графік) або окрема підмножина масиву інформації, такого як розділ чи частина, шар або познака. Це поняття важливе і повинно бути пов'язане з рівнем потреби в інформації. Процес доставки цифрової інформації повинен бути пов'язаний з різними джерелами інформації, які повинні бути тільки геометрією знаків [4, 13].

Ключові поняття ДСТУ ISO 19650-1:

- *життєвий цикл* – термін служби активу, починаючи від визначення вимог щодо нього і до припинення його використання, охоплює етапи концептуального проєктування, розроблення, експлуатування, технічного обслуговування та ліквідації;
- *єдине інформаційне середовище* – погоджене сторонами джерело інформації для будь-якого конкретного проєкту або активу, для збирання, управління та поширення кожного інформаційного контейнера за допомогою керованого процесу. Поняття «єдиного інформаційного середовища» (англ. common data

environment, CDE) стосується трьох понять: «робочий процес» – робота, що знаходиться у процесі виконання (англ. work in progress, WIP), або затверджена робота щодо статусу інформації; «життєвий цикл» та «загальне і єдине джерело» інформації. ISO 19650 представляє CDE як єдине джерело інформації для будь-якого даного проєкту або активу, що використовується для збору, управління та поширення всіх елементів інформаційної моделі за допомогою керованого процесу. Це засіб забезпечення існування спільного середовища для обміну та координації роботи, оскільки інформація може передаватися шляхом обміну інформацією та управлятися через CDE. Суворі алгоритми роботи забезпечують послідовний підхід усіх залучених організацій;

- *управління вимогами.* Мета створення інформаційних вимог полягає в зазначенні інформації, яку учасники реалізації чи системи постачань активу або проєкту повинні доставити в межах своєї роботи. Вони будуть зберігатися в інформаційній моделі активу або інформаційній моделі проєкту відповідно. Різні типи інформаційних вимог продемонстровані на рисунку 2.2. Управління інформаційними вимогами являє собою одне з основних понять ISO 19650: BIM – це процес доставки інформації відповідно до вимог управління на основі підходу системного інжинірингу, створеного для інших галузей промисловості. Воно охоплює:
  - вимоги до інформації організаційного характеру (англ. organisational information requirements, OIR) – інформація, необхідна для задоволення умов або інформування щодо стратегічних цілей вищого рівня всередині організації-власника / оператора активів, що стосується побудованих активів, якими вони володіють, здійснюють експлуатацію, використовують або керують;
  - вимоги до інформації про активи (англ. asset information requirements, AIR) – це детальна інформація, необхідна для задоволення вимог до інформації організаційного характеру;

- вимоги до інформації про проєкт (project information requirements, PIR) – інформація, необхідна для задоволення умов або інформування щодо стратегічних цілей вищого рівня всередині організації-власника / оператора активів або організації клієнта проєкту, що стосується конкретного проєкту побудованого активу [4, 13].

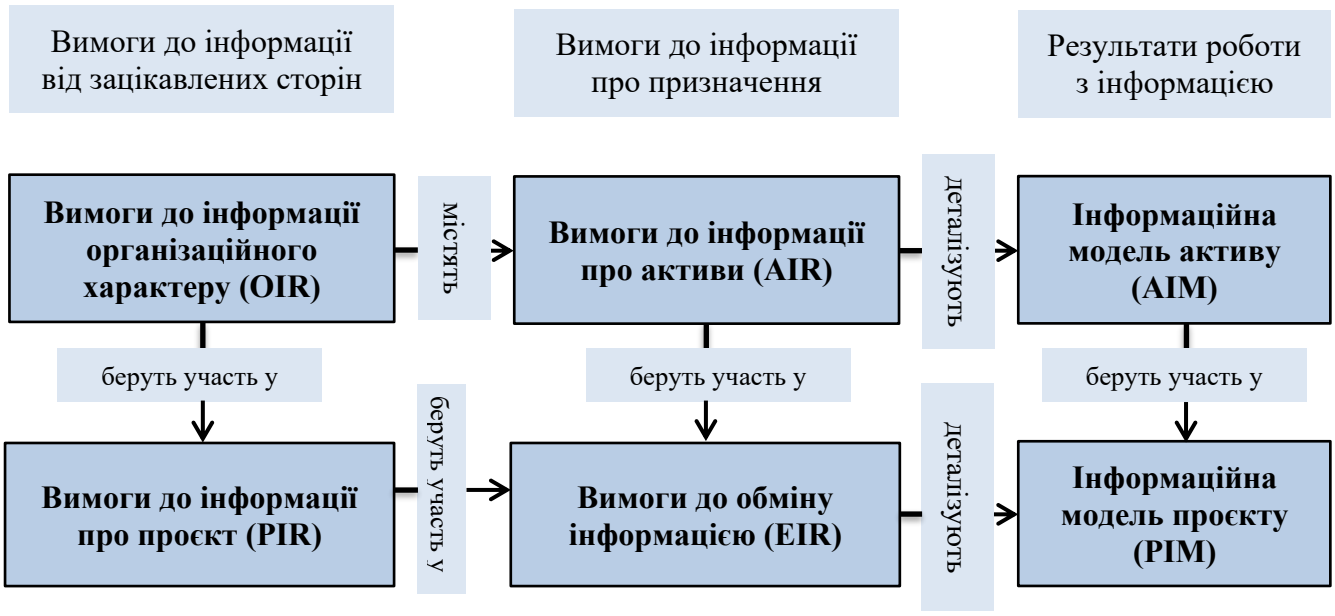


Рис. 2.2 Різні види інформаційних вимог та інформаційних моделей згідно з ISO 19650

В ДСТУ ISO 19650-2 визначено особливості управління проєктами при використанні BIM, а саме наступне.

У частині 2 ДСТУ ISO 19650 надано пояснення щодо набору процесів з доставки інформації на стадії процесів проєктування, будівництва та передачі, у тому числі процесів, пов'язаних із завданнями, ролями і обов'язками, а також ідентифікацією і призначенням відповідальних сторін для кожного виду діяльності і завдання [5, 13].

На рисунку 2.3 викладено основні елементи управління процесом доставки інформації. Вони охоплюють:

- сторону, яка здійснює призначення, і призначену сторону;
- інформаційний процес передачі або обміну інформацією [13].

На рисунку показана традиційна організація проєкту: сторона, що здійснює призначення (клієнт), і призначені сторони (консультант або підрядник). Інформація рухається від С до В, а не від С до С, а потім від В до А або В до В, залежно від виду контракту [13].

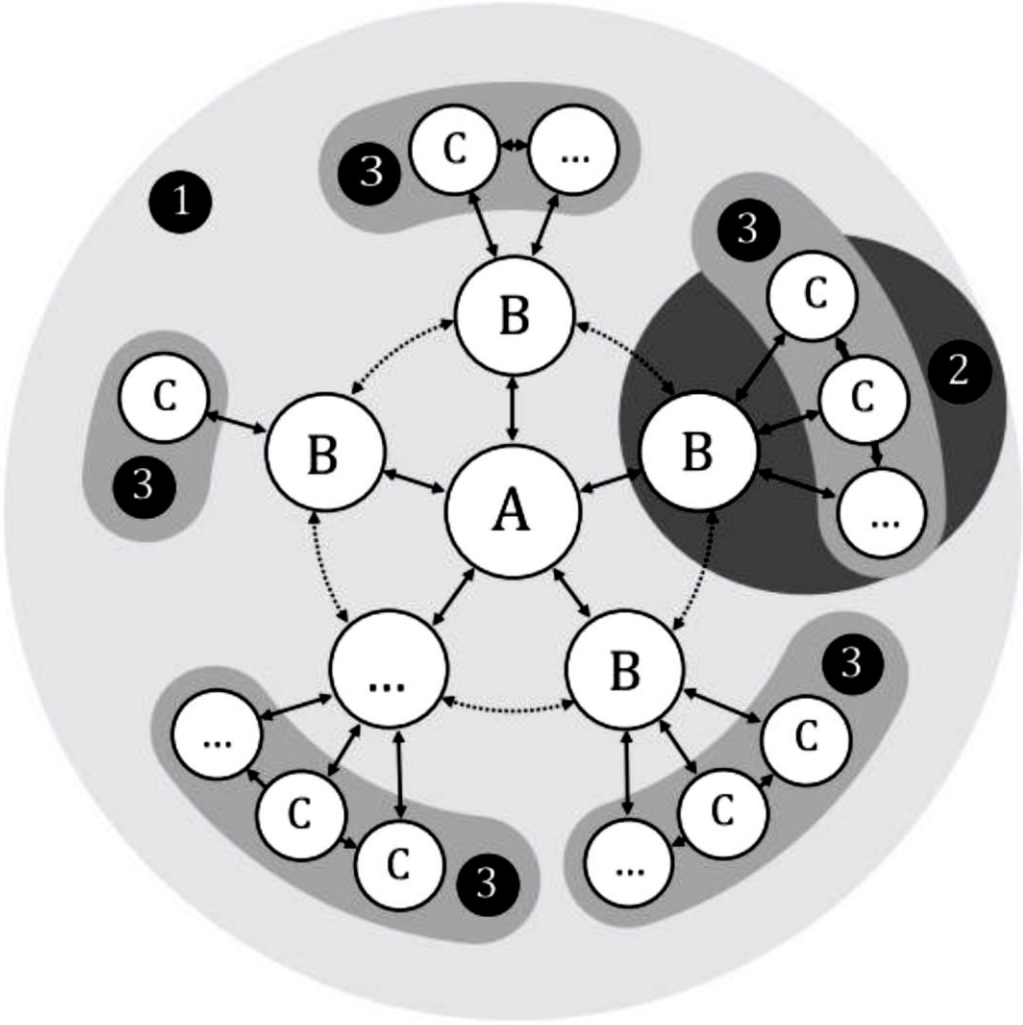


Рис. 2.3 Взаємодія між сторонами і групами з метою управління інформацією (частина 2 ISO 19650): А – сторона, що здійснює призначення; В – сторона, що призначена керівником; С – призначена сторона; … – змінна величина; 1 – команда проєкту; 2 – відображення команди проєкту; 3 – робоча група (групи); ↔вимоги до інформації та обміну інформацією; ↔ узгодженість інформації.

Слід зазначити, що ролі менеджера BIM і координатора не висвітлені в остаточному випуску частини 2 ДСТУ ISO 19650. Назви ролей можуть відрізнятися залежно від проєкту через специфіку ринкового сектору, розміру проєкту та рівня системи постачання, але в процесі реалізації знаходяться важливі фактори,

охоплюючи право власності, відповідальність і повноваження. У невеликих компаніях багато з цих ролей може виконувати одна особа. Організація може різнитися залежно від проєкту, проте завдання щодо реалізації залишаються [13].

Процес управління інформацією докладно представлений на рисунку 2.4 [5, 13].

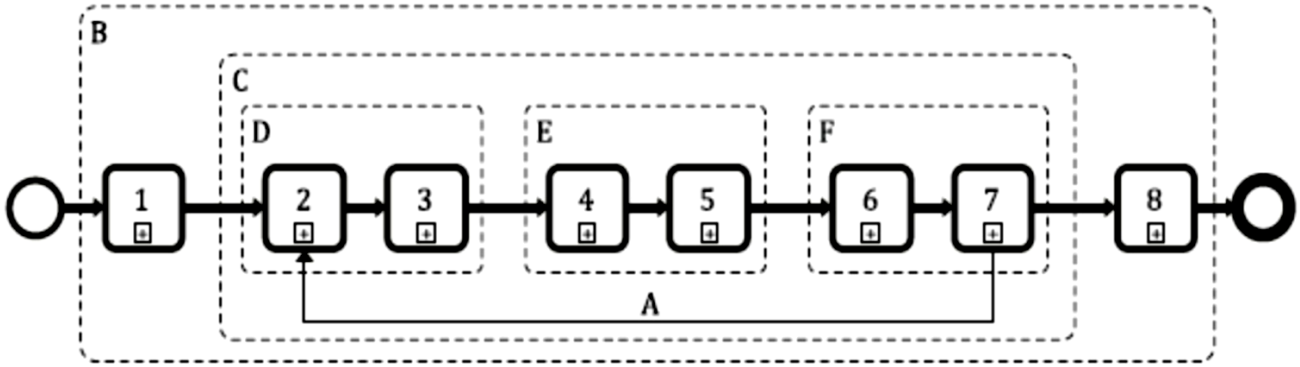


Рис. 2.4 Процес доставки інформації за етапами: 1–8 відповідно до частини 2 ISO 19650: 1 – оцінка та потреби; 2 – запрошення до участі в тендері; 3 – конкурсна заявка; 4 – призначення; 5 – мобілізація; 6 – спільна підготовка інформації; 7 – реалізація інформаційної моделі; 8 – завершення проєкту (завершення етапу реалізації); A – інформаційна модель, розроблена наступною групою (групами) реалізації будівельного проєкту для кожного призначення; B – заходи, що проводяться в межах кожного проєкту; C – заходи, що здійснюються для кожного призначення; D – діяльність, що здійснюється на етапі закупівель (для кожного призначення); E – діяльність, що здійснюється на етапі інформаційного планування (для кожного призначення); F – діяльність, що здійснюється на етапі підготовки інформації (для кожного призначення).

Варто зазначити два аспекти:

- відправною точкою є зазначення вимог. Етап 1. Оцінка та потреби;
- кінцевим пунктом є завершення проєкту. Етап 8. Завершення проєкту [13].

Розробка нормативної документації, що регулює використання BIM в Україні, на розроблених вище нормативах не зупинилась. Згодом ДП «УкрНДНЦ» розроблено ще:

- ДСТУ EN ISO 23386:2023 Будівельне інформаційне моделювання та інші процеси цифрового представлення даних, застосовні в будівництві.

Методологія описування, авторизації та технічного супроводу в пов`язаних словниках даних (EN ISO 23386:2020, IDT; ISO 23386:2020, IDT);

- ДСТУ EN ISO 23387:2023 Будівельне інформаційне моделювання (BIM). Шаблони даних для будівельних об’єктів, застосовні протягом життєвого циклу будівельних активів. Концепції та принципи (EN ISO 23387:2020, IDT; ISO 23387:2020, IDT).

Контрольні питання за розділом 2.

1. Які основні складові життєвого циклу інформації визначено в ДСТУ ISO 19650?
2. Що таке інформаційна модель проєкту (PIM) і на якому етапі вона формується?
3. Яке призначення має інформаційна модель активів (AIM) у процесі експлуатації об’єкта?
4. У чому полягає роль «єдиного інформаційного середовища» (CDE) в процесі управління проєктом згідно з ДСТУ ISO 19650?
5. Які типи інформаційних вимог визначає ДСТУ ISO 19650?
6. Як у ДСТУ ISO 19650-2 організована взаємодія між сторонами під час реалізації будівельного проєкту?
7. Які ключові етапи передбачено в процесі доставки інформації згідно з частиною 2 ДСТУ ISO 19650?
8. Як визначається рівень потреби в інформації і яку функцію він виконує?
9. Яким чином впровадження BIM сприяє підвищенню довіри між учасниками проєкту?

РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЯ РЕАЛІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬНОГО ПРОЄКТА З ВИКОРИСТАННЯМ BIM

3.1. Традиційні та інноваційні організаційні форми управління будівельним проєктом

Перед розглядом особливостей застосування BIM в організації процесу реалізації будівельного проєкту слід проаналізувати відомі організаційній форми. Організаційні форми управління будівельним виробництвом можливо поділити на традиційні та інноваційні (рис. 3.1).

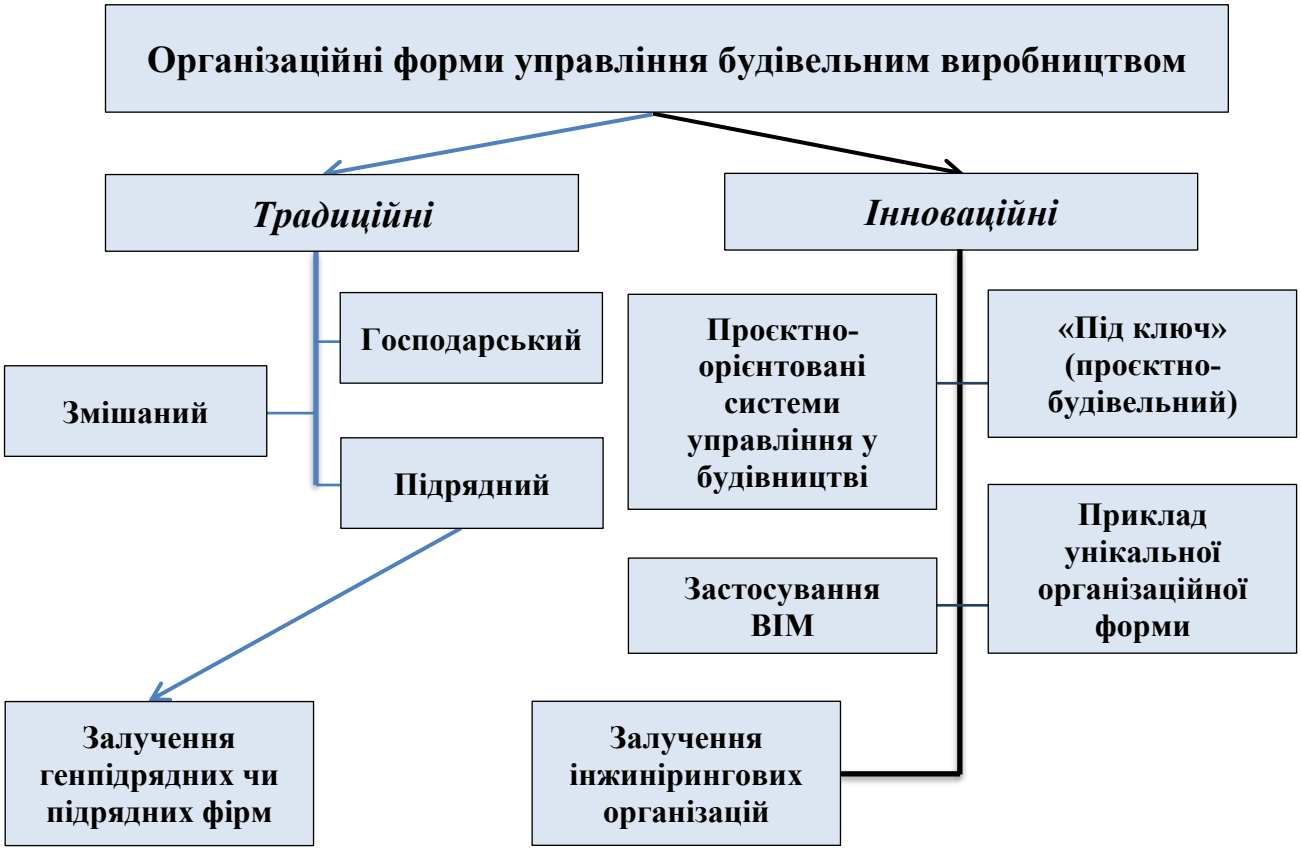


Рис. 3.1 Традиційні та інноваційні організаційні форми управління будівельним виробництвом (світло-червоні лінії та стрілки вказують на традиційні, а зелені на інноваційні)

Перед розглядом вказаних на рисунку 3.1 організаційних форм слід згадати основні терміни та визначення, які використовуються в управлінні проєктами та для визначення учасників будівельно-інвестиційної діяльності.

Інвестор – це юридична чи фізична особа (українська чи закордонна компанія, держава, приватна особа), яка робить фінансові вкладення в активи та проєкти для отримання доходу [8, 14-17].

Поняття *«проєкт», «управління проєктами» та «ресурси проєкту»* розглянуто в розділі 1 конспекту лекцій.

Генпідрядник – це юридична особа, яка безпосередньо займається організацією будівельно-монтажних робіт на об'єкті та несе відповідальність за весь комплекс будівельних робіт до введення об'єкта в експлуатацію перед інвестором чи замовником [8, 14-17].

Підрядник – це фізична чи юридична особа, яка бере на себе зобов'язання за призначену плату виконати певні види робіт та несе відповідальність за якість їх виконання [8, 14-17].

При *господарському способі* (рис. 3.2) всі роботи (іноді й проєктні) виконуються силами та коштами діючих підприємств чи організацій.

Цим способом проводять роботи відділи (управління) капітального будівництва/капітального ремонту державних підприємств або приватних інвесторів [8, 14].

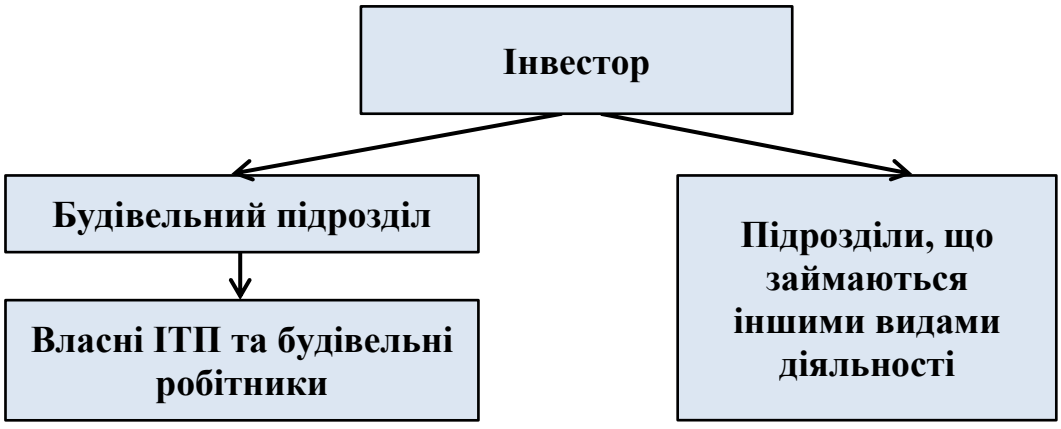


Рис. 3.2 Організаційна структура при господарському способі

Порівняно з генпідрядним способом переваги господарського способу наступні:

1) Відсутність необхідності оплачувати послуги генпідрядника – до 12%.

2) Висока оперативність під управлінням.
3) Висока ефективність при спорудженні нескладних та нечисленних об'єктів.
4) Спрощений контроль за використанням коштів.

Порівняно з генпідрядним способом недоліки господарського способу наступні.

1) Необхідність самостійного контролю за якістю робіт та матеріалів. Неможливість компенсації витрат при виявленні неякісних робіт та матеріалів.
2) Необхідність наявності чи створення кваліфікованих інженерно-технічних робітників, робочих-будівельників та власної виробничої бази.
3) Необхідність реорганізації, а деяких випадках і розформування колективу будівельників і виробничої бази по завершенню будівництва об'єкта.
4) Складність створення умов вдосконалення технології та організації робіт, так як будівництво не є основною діяльністю підприємства.

Підрядний спосіб має декілька різновидів (рис. 3.3).

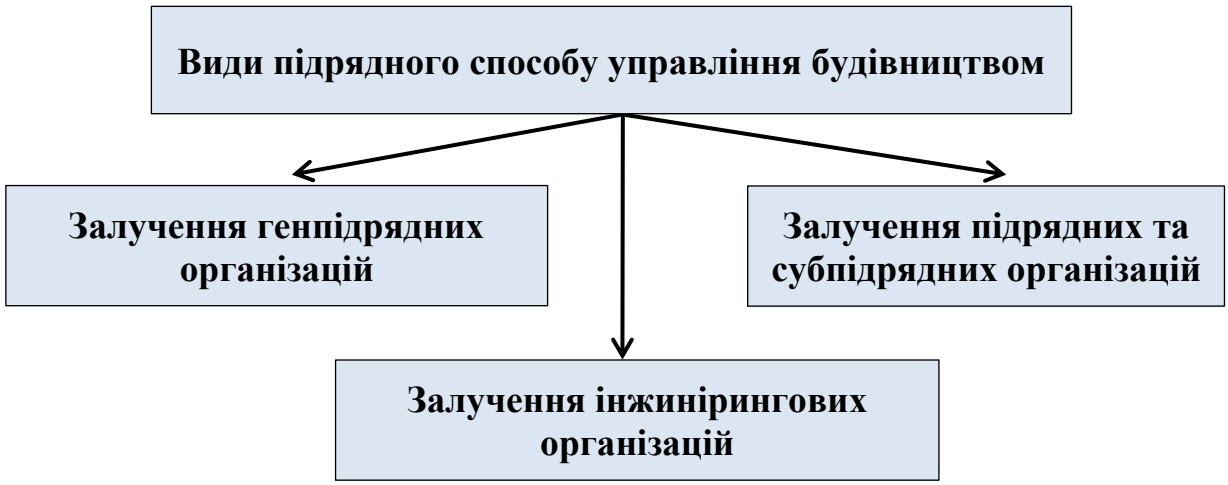


Рис. 3.3 Види підрядного способу організації управління будівельним виробництвом

Сутність способу при залученні *генпідрядних організацій* (рис 3.4) у наступному. Укладається договір інвестора з генеральним підрядником. Він відповідає за терміни виконання робіт та якість використовуваних матеріалів.

Послуги генерального підрядника оплачуються у вигляді до 12 % від кошторисної вартості об'єкта.

Генеральний підрядник може укладати договори із субпідрядними організаціями, а також виконувати частину або всі роботи самостійно. Субпідрядні організації відповідають за якість виконання робіт і матеріалів.

Сутність способу при з*алученні підрядних та субпідрядних організацій (напряму)* (рис. 3.5).

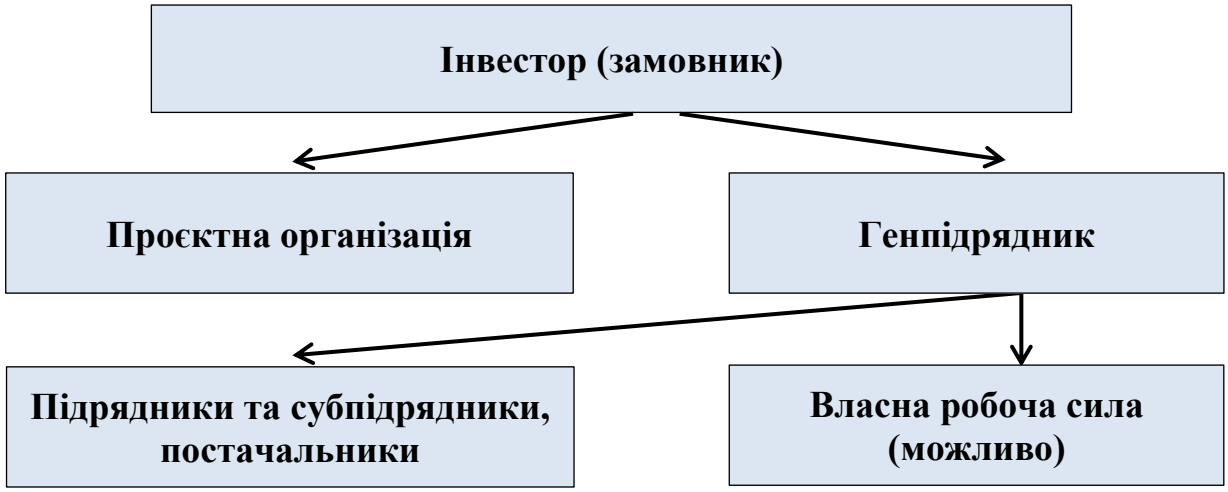


Рис. 3.4 Організаційна структура способу при залученні генпідрядних організацій

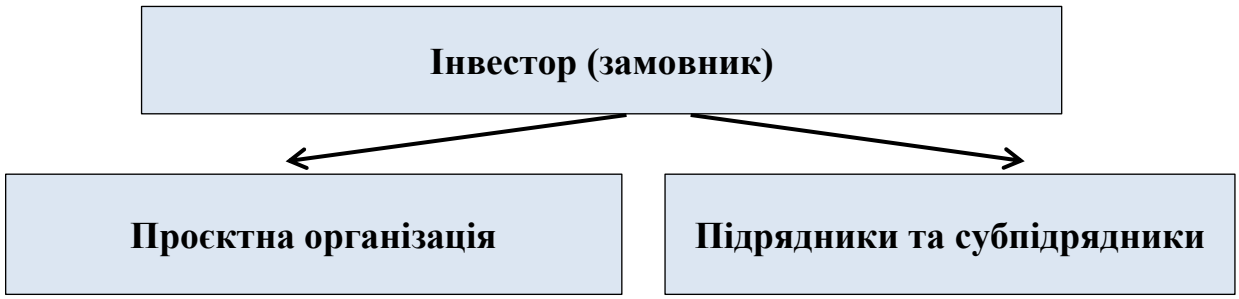


Рис. 3.5 Організаційна структура способу при залученні підрядних та субпідрядних організацій

У цьому випадку замовник не звертається до генпідрядних організацій, а сам (або за допомогою менеджера), на свій страх і ризик, укладає договори з підрядними та субпідрядними організаціями на виконання будівельних робіт. І тут взаємну роботу цих організацій між собою пов'язує представник замовника [8, 17].

Суть способу *залучення інжинірингових організацій (інноваційна організаційна форма управління будівельним виробництвом згідно рисунку 3.1)* (рис. 3.6).

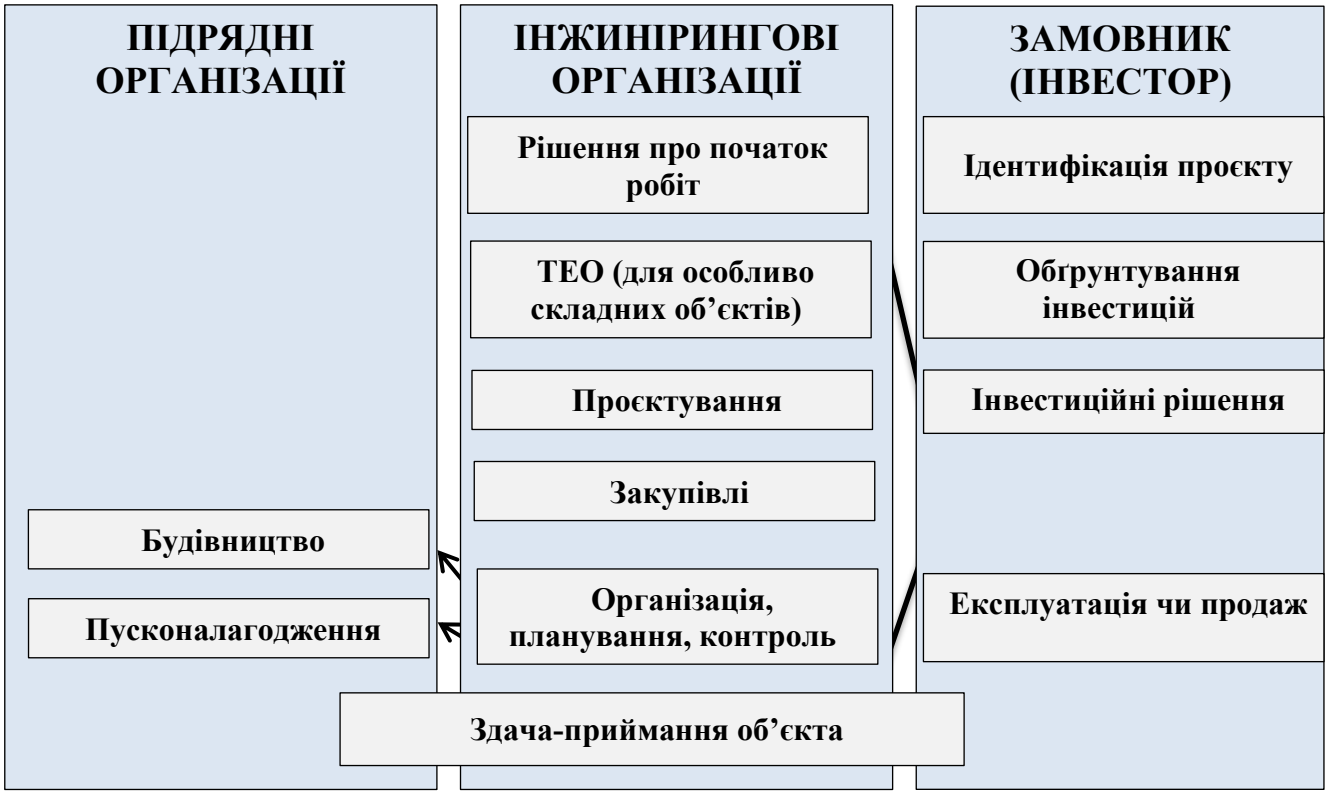


Рис. 3.6 Принципова схема управління будівництвом на основі концепції інжинірингу

Інжиніринг спрямований насамперед на підвищення ефективності бізнесу: наданні послуг дослідницького, проєктно-конструкторського, розрахунково-аналітичного, виробничого характеру, включаючи підготовку техніко-економічного обґрунтування (ТЕО), вироблення рекомендацій у сфері організації виробництва та управління, і навіть реалізації продукції.

Залучення інжинірингових фірм дозволяє зняти із замовника (інвестора) частину питань (обов'язків), наприклад: проведення закупівель, пошук та вибір підрядних організацій, прийом робіт, технічний нагляд, прийом об'єкта в експлуатацію. Крім того, інжинірингова компанія може виконувати функції проєктувальника або деякі функції генпідрядника – організація, планування, контроль будівництва.

І тут замовник (інвестор) може займатися лише інвестиційними рішеннями, і навіть прийомом, експлуатацією чи продажем об'єкту [17].

Переваги розглянутих видів підрядного способу порівняно с господарським способом організації будівельного виробництва наступні.

1) Забезпечення високої якості матеріалів та виконання робіт.
2) Скорочення термінів будівництва (при правильній організації праці).
3) Скорочення невизначеностей та ризиків.
4) Мінімальна залученість інвестора до реалізації будівельного проєкту (виняток – залучення підрядних та субпідрядних організацій договорами безпосередньо з інвестором).

Недоліки розглянутих видів підрядного способу порівняно с господарським способом організації будівельного виробництва наступні.

1) Збільшення кошторисної вартості (до 12%) при залученні генпідрядних організацій.
2) Автономність діяльності проєктувальників та підрядників (поки не підготовлено проєктну документацію будівельники не можуть приступити до роботи).
3) Ризик прийняття неефективних будівельних рішень, пов'язаних з тим, що підрядник не бере участі в проєктуванні.
4) Роз’єднаність і конфлікти проєктувальників і підрядників (за тривалої співпраці зазвичай сходять нанівець).

При *змішаному способі організації управління будівельним виробництвом* (рис. 3.7) частину робіт виконують за договорами підрядні організації, а частину робіт виконують своїми силами [8].

Спосіб керування будівництвом «під ключ» (проєктно-будівельний спосіб). Його види зображено на рисунку 3.8. У разі застосування цього способу зазвичай створюється холдинг (контролює роботу групи компаній) за принципом: інвестиції-управління-будівництво. Єдність господарської діяльності забезпечується тим, що учасники всіх трьох процесів зібрані під управлінням холдингу [8].

Рис. 3.7 Організаційна структура змішаного способу організації управління будівельним виробництвом

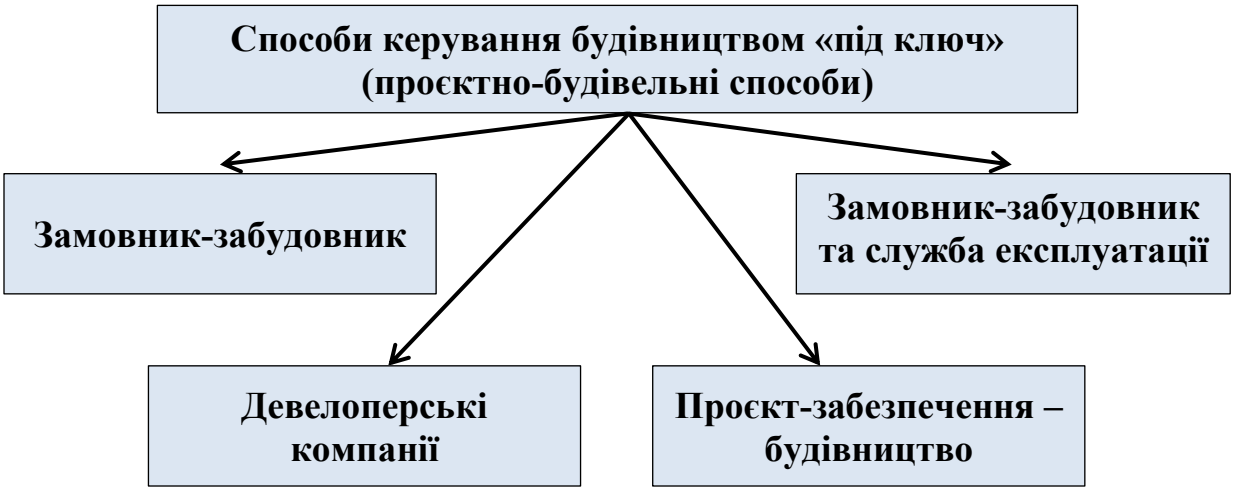


Рис. 3.8 Види способу управління будівництвом «під ключ»

Холдинг – це група комерційних фірм, юридично пов'язаних один з одним.

Термін «корпорація» – дуже ємний. Одне з його значень – це об'єднання комерційних організацій для спільного вирішення завдань бізнесу. Інше значення терміну «корпорація» – це будь-яка комерційна фірма в принципі.

Концерн – фінансово-промислова група компаній. Група компаній, яку об'єднують ділові інтереси учасників, спільна діяльність, капітали, взаємні договори та зобов'язання

Виконання порівняно невеликого обсягу вузькоспеціалізованих робіт для холдингу можуть виконувати зовнішні підрядники [17].

Крім цього, холдинги при способі будівництва «під ключ» можуть включати служби або організації відповідальні за маркетинг, впровадження інформаційних технологій у проєктування, надання послуг телефонії та інтернету, технічний та

авторський нагляд, підготовку кваліфікованих кадрів, просування нерухомості, інженерні дослідження та ін.

Підприємства можуть об'єднуватися в концерни, при цьому їхня кількість може досягати сотень і навіть тисяч. У такому разі можуть бути присутні підприємства з виробництва та видобутку будівельних матеріалів, науково-дослідні організації тощо. У цьому може зберігатися кілька рівнів управління, наприклад: управління концерну/корпорації – управління асоціації – директора фірм [17].

С*пособ управління будівництвом «замовник-забудовник»* (рис. 3.9).

Холдинг бере на себе функції проєктування та будівництва, можливо і замовником (інвестором).

Для складання інвестиційного проєкту із здаванням об'єкта «під ключ» холдинг виконує функції забудовника (замовника-забудовника) та забезпечує виконання проєктних робіт за договорами із зовнішніми виконавцями або власними силами; планує перспективи розвитку.

Приклад організаційної структури способу управління будівництвом «замовник-забудовник» зображено на рисунку 3.10 [14, 17].

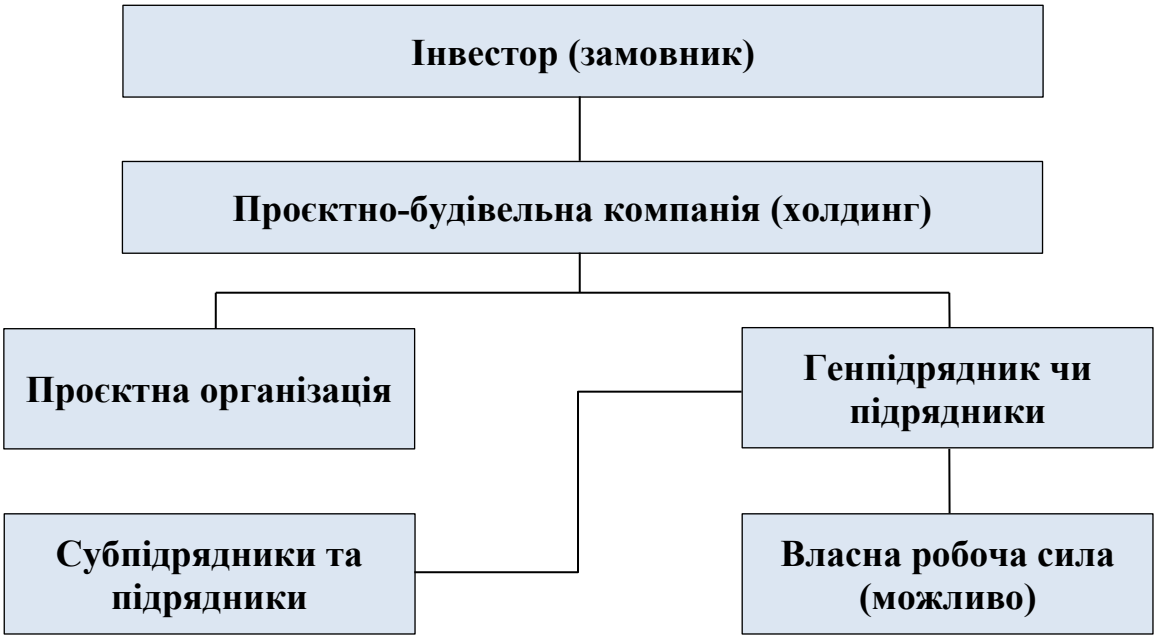


Рис. 3.9 Організаційна структура способу управління будівництвом «замовник-забудовник»

Рис. 3.10 Приклад організаційної структури холдингу за способу управління будівництвом «замовник-забудовник»

Суть способу *управління будівництвом «замовник-забудовник та служба експлуатації»* (рис. 3.11). Нині починають діяти організації (холдинги), куди входить більшість учасників інвестиційного проєкту.

Крім учасників, зазначених у структурі «замовник-забудовник», такий спосіб може включати служби експлуатації та/або сервісного обслуговування будівель, при цьому вони можуть підпорядковуватися як інвестору (замовнику) безпосередньо так і холдингу [8].

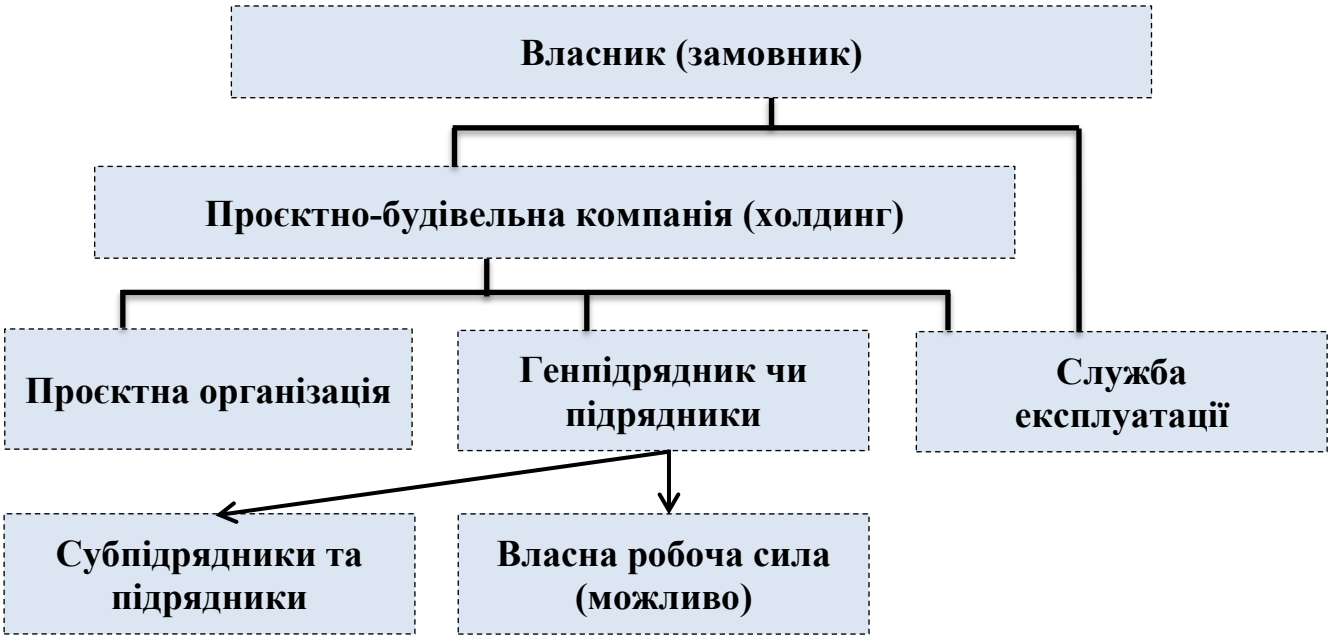


Рис. 3.11 Організаційна структура способу управління будівництвом «замовник-забудовник та служба експлуатації»

Можливо виділити наступні переваги способів управління будівництвом «замовник-забудовник» та «замовник-забудовник та служба експлуатації» у порівнянні з традиційними організаційними формами.

1) Спільна робота проєктантів та підрядних організацій.
2) Високий ступінь опрацювання проєктної документації.
3) Залучення висококваліфікованих кадрів.
4) Власник (замовник) контактує не з кількома, а з однією організацією.
5) Скорочення термінів будівництва за рахунок легшого та оперативнішого узгодження змін до проєкту.

Можливо виділити наступні недоліки способів управління будівництвом «замовник-забудовник» та «замовник-забудовник та служба експлуатації» у порівнянні з традиційними організаційними формами.

1) Обмежена можливість власника контролювати вартість та інші параметри у період реалізації будівельного проєкту.
2) Власник залучає проєктно-будівельні організації, коли є лише концепція бюджету, а реальну вартість буде отримано під час закінчення проєктних

робіт (неможливо користуватися твердою фіксованою ціною під час укладання договорів).

3) Проєктно-будівельні організації можуть принести у жертву деякі види робіт та якість, щоб вкластися в намічену суму.

Сутність способу управління будівництвом за допомогою *девелоперських компаній* (рис. 3.12).

Мета девелоперських компаній – отримання прибутку чи позитивного результату (розвиток виробництва, вирішення соціальних проблем та ін.) шляхом перетворення території, земельної ділянки, об'єкта нерухомості.

Девелоперські компанії – аналог раніше розглянутих холдингів та об’єднань, що має деякі відмінні риси [8, 14, 17].

Можливо виділити наступні відмінні риси девелоперських компаній.

Девелопер є, насамперед – інвестором та власником об’єкта нерухомості (земельної ділянки), він може здійснювати інвестиції всього проєкту: маркетингу, проєктування, будівництва, вишукувань, експлуатації, підприємств виробництва будматеріалів тощо.

Тільки девелопер взаємодіє із держструктурами.

До складу девелоперських компаній на відміну від інших можуть входити: рієлторські компанії, маркетингові та консалтингові агенції, підприємства виробництва та/або збуту будматеріалів та ін.

Головна управляюча девелоперська кампанія може як сама інвестувати всі етапи будівництва (своїми інвест-кампаніями) так і, крім цього, залучати зовнішні інвестиційні кампанії (які можуть виступати в ролі замовника).

Девелоперські компанії дозволяють реалізувати всі стадії життєвого циклу будівельного об’єкту (рис. 3.13-3.15) [8, 14, 17].

Інвестиційна платформа це – інформаційна система в мережі інтернет, що використовується для укладання за допомогою дистанційних технологій та технічних засобів договорів інвестування, доступ до платформи надається оператором інвестиційної платформи через особистий кабінет [8, 14].

Рис. 3.12 Найбільш повний варіант організаційної структури управління девелоперської компанії (*консалтингове агентство* – це компанія, яка має експертні знання у певних сферах ведення бізнесу та надає своїм клієнтам консультації щодо цих сфер.
Маркетингове агентство – компанія, що спеціалізується на дослідженні ринку та розробці рішень, що дозволяють збільшити продажі)

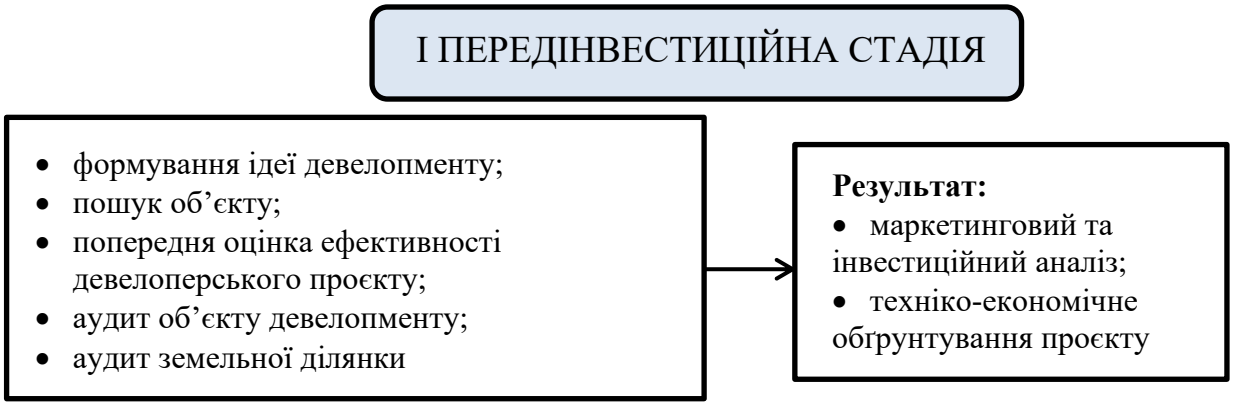


Рис. 3.13 Перша стадія життєвого циклу будівельного об'єкту

Рис. 3.14 Друга стадія життєвого циклу будівельного об'єкту

Рис. 3.15 Третя стадія життєвого циклу будівельного об'єкту

Операційна стадія здійснюється у процесі здійснення всього девелоперського проєкту.

Маркетингова кампанія – це сукупність маркетингових заходів, проведених у рамках однієї стратегії та спрямованих на просування бренду та його продуктів, залучення нових потенційних покупців, збільшення збуту [8].

Переваги при управлінні будівництвом за допомогою девелоперських компаній наступні.

1) Ретельний аналіз ринку та правильний вибір земельної ділянки девелоперською командою, дозволяє прийняти інвест-рішення, яке відрізняється від «середньоринкового» на 20-50 % на краще.
2) Попереднє обґрунтування інвестицій, як правило, дає змогу оптимізувати використання інвестиційних коштів ще на 10-15 %.
3) Грамотне оформлення прав власності та вирішення інших питань правового характеру може дозволити збільшити вартість земельної ділянки ще на 150-300%.
4) Скорочення тривалості розробки та реалізації будівельного проєкту на 7-15%.
5) Скорочення витрат за весь проєкт на 5-15 % (здешевлення будівництва на 10-20 %; зменшення трудомісткості на стадії реалізації будівельного проєкту на 5-15 %; зниження експлуатаційних витрат на 15-25 %).

Недоліки, що виникають під час управління будівництвом за допомогою девелоперських компаній.

1) Може знадобитися великий об’єм початкового капіталу. Девелоперські проєкти вимагають зазвичай значних інвестицій – десятки мільйонів доларів.
2) Високі вимоги до рівня підготовки менеджерів головної керуючої девелоперської компанії.
3) Довгостроковість проєктів та необхідність контролю за їх реалізацією (зростає роль планування та прогнозування; облік змін у зовнішньому середовищі – попиту, пропозиції, оточення об'єктів та ін.).
4) Складність проєкту та велика залученість учасників, необхідність їхньої координації.
5) Підвищений інтерес населення до девелоперських проєктів та необхідність їх публічного захисту.
6) Високий рівень державного регулювання (зокрема містобудівні умови) та громадського контролю.

Можливістю модернізації (підвищення ефективності) розглянутих способів організації будівельного виробництва є різновид керування будівництвом «під ключ» – *«проєкт-забезпечення-будівництво»* (рис. 3.16 та 3.17).

Рис. 3.16 Традиційна організація управління будівництвом

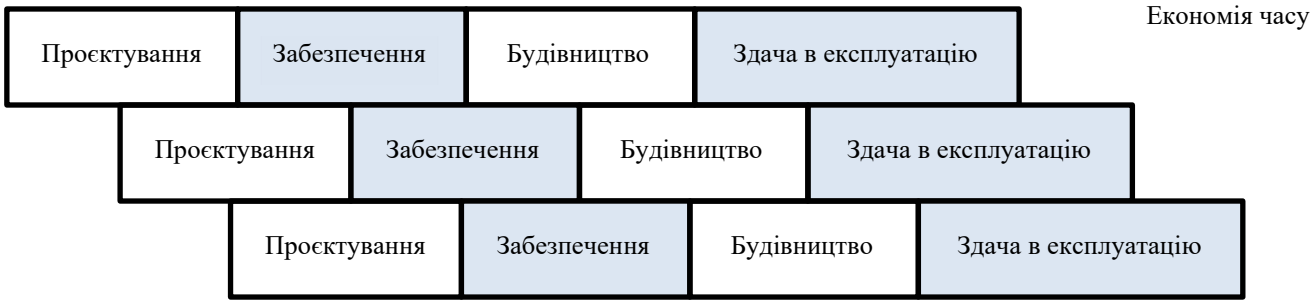


Рис. 3.17 Різновид керування будівництвом «під ключ» – «проєкт-забезпечення-будівництво»

Порівняно з традиційною організацією управління будівництвом (рис. 3.16) швидкісна організація управління будівництвом («проєкт-забезпечення-

будівництво») передбачає поєднання процесів проєктування, забезпечення та будівництва (рис. 3.17).

Забезпечення – укладання договорів із підрядниками, забезпечення логістичних процесів будівництва.

Проєктування другої частини будівельного проєкту може починатися при незавершеному проєктуванні першої частини. Аналогічна ситуація стосується забезпечення, будівництва та експлуатації [8].

Проєктно-орієнтовані системи управління будівництвом (рис. 3.18). У цьому методі інвестор (замовник) наймає фірму, яка виконує функції менеджменту (чи проєктного менеджера) [8, 14, 17].

Проєктний менеджер виконує тільки управлінські функції в інтересах інвестора (замовника), який найняв його, не втручаючись у господарсько-економічну діяльність підприємств [8, 14, 17].

Проєктно-орієнтовані системи управління ефективні за великої кількості проєктів.

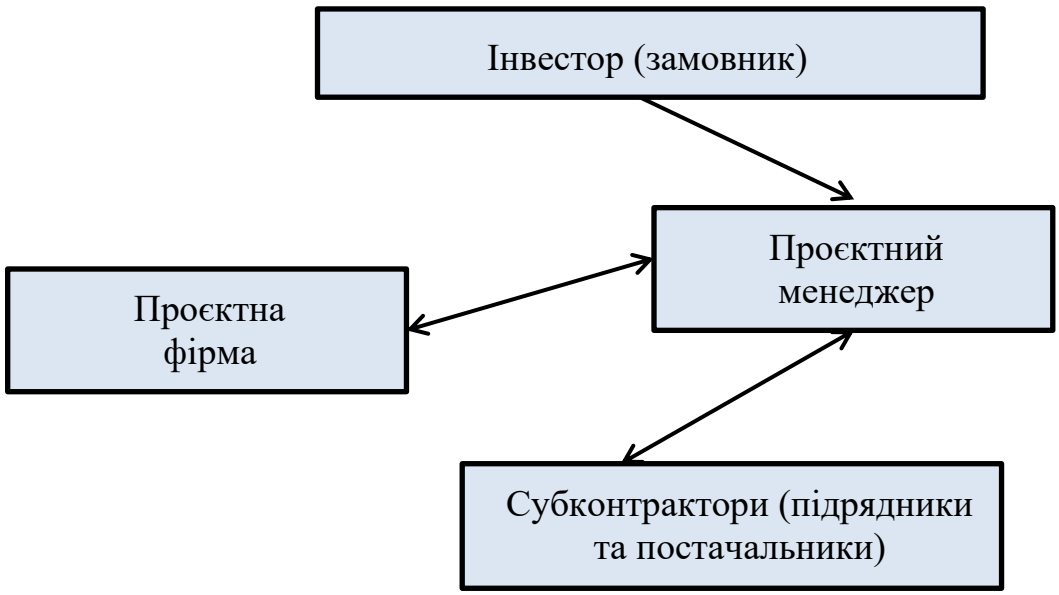


Рис. 3.18 Організаційна структура проєктно-орієнтованих систем управління будівельним виробництвом

Проєктно-орієнтовані системи управління у будівництві можливо поділити на *будівельний проєктний менеджмент* та *програмний менеджмент* (рис. 3.19). Їхній вид залежить від завдань та компетентності керуючої компанії.

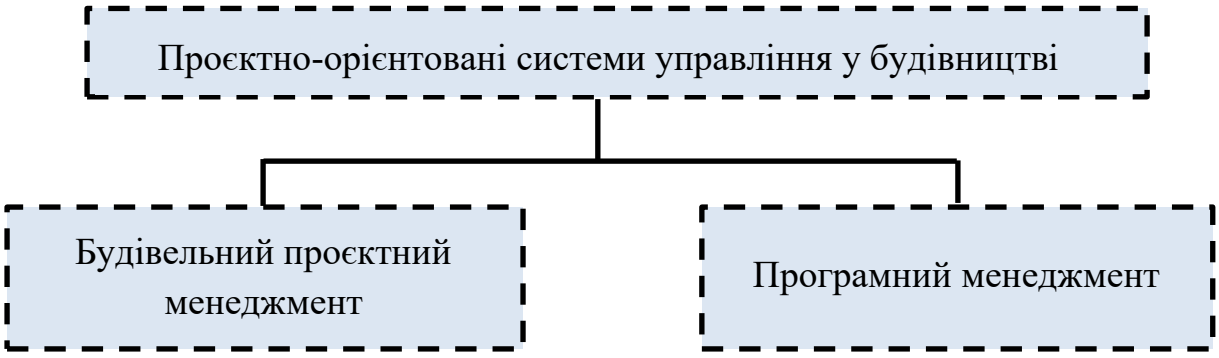


Рис. 3.19 Види проєктно-орієнтованих систем управління будівництвом

При будівельному проєктному менеджменті (рис. 3.19) можливі наступні 3 варіанти.

1) Керуюча компанія (проєктний менеджер будівництва) забезпечує інвестора (замовника) послугами з управління, при цьому не встановлюючи терміни завершення проєкту та вартість робіт, оскільки інвестор (замовник) сам укладає контракти з підрядниками.
2) Будівельний проєктний менеджмент забезпечує послуги з управління, а також укладання контрактів із підрядниками; встановлює максимальну гарантовану ціну та дату завершення у разі, якщо визначено обсяги робіт;
3) Інвестор (замовник) укладає договір з будівельним менеджером, який розробляє проєкт і забезпечує інвестора послугами з його виконання.

Системи оплати послуг з управління проєктами. Існує наступні 2 варіанти оплати інвестором (замовником) послуг керуючої компанії (проєктного менеджера) [14, 17].

1) Фіксована вартість послуги з управлінню проєктами (за виконання конкретного проєкту чи проміжок часу).
2) Оплата послуг з управління проєктами залежно від прибутковості проєкту.

У другому випадку менеджер зацікавлений в економії коштів та високої ефективності проєкту. При цьому його зацікавленість виражається як мінімум у 2-

х напрямках: винагороди у вигляді частини прибутку та підвищення його авторитету як менеджера.

Програмний менеджмент іноді має назву *«програмне управління проєктом»* (рис. 3.19, 3.20). Він призначений для керівництва всіма менеджерами окремих проєктів, пов'язаних єдиною метою здійснення програми (багатомільярдні дослідні, енергетичні проєкти, практика великих проєктно-будівельних фірм та ін.) [14, 17].

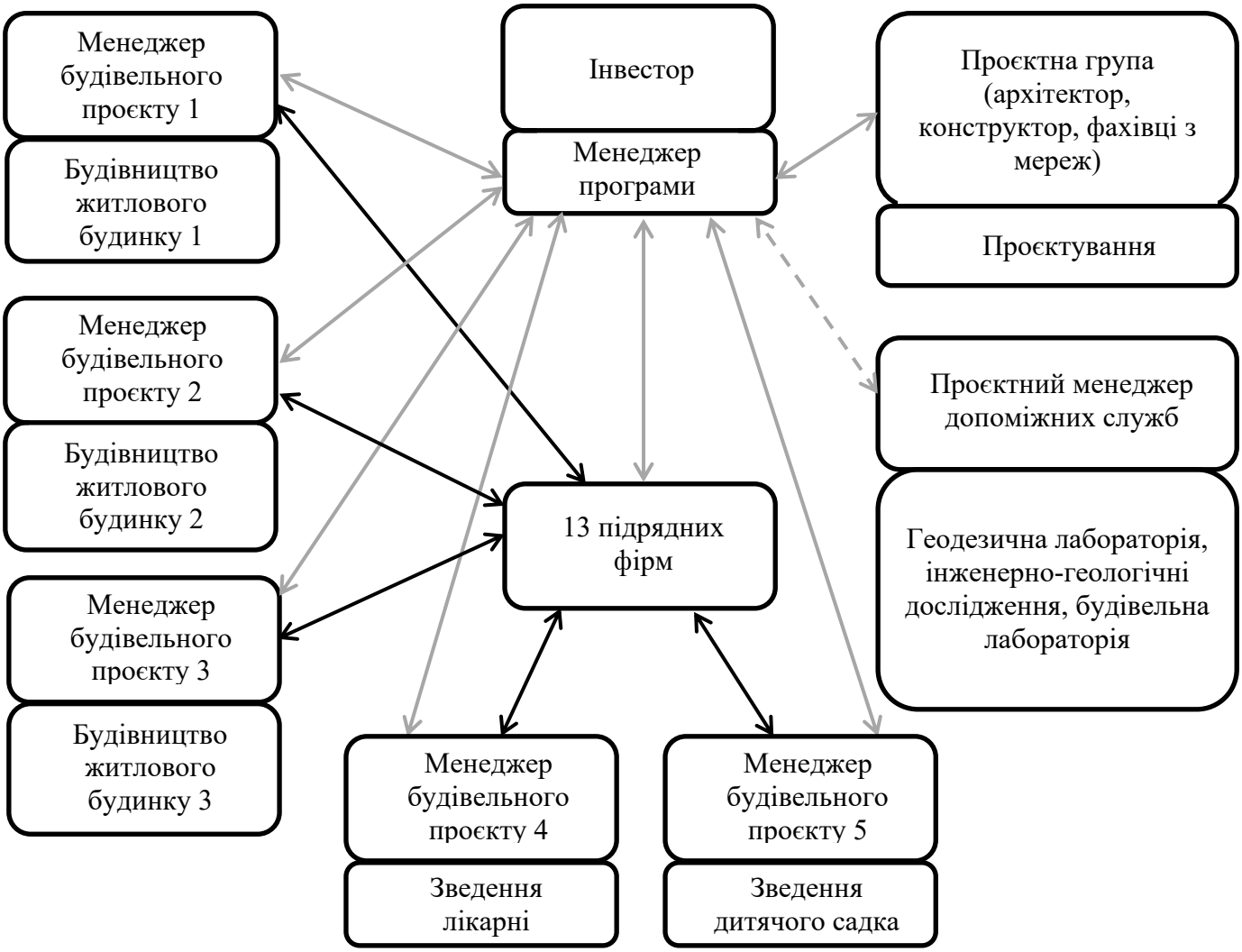


Рис. 3.20 Приклад програмного менеджменту (організація будівництва житлового комплексу вартістю 43 млн. $)

За цією формою організації відносини між членами команди мають вирішальне значення. Важливе залучення власника та необхідність його

компетентності по всьому спектру проблем або призначення проєктного менеджера з відповідною кваліфікацією для керівництва програмою загалом.

Приклад програмного менеджменту зведення комплексу будівель зображено на рисунку 3.20 [14, 17].

Приклад унікальної організаційної форми: будівництво двох блоків АЕС (рис. 3.21). Це модернізований варіант підрядного способу будівництва. Для таких об’єктів інвестором зазвичай є державна організація. Замовник (експлуатуюча організація) поділяє функції з інвестором, крім цього займається введенням та експлуатацією об'єкта.

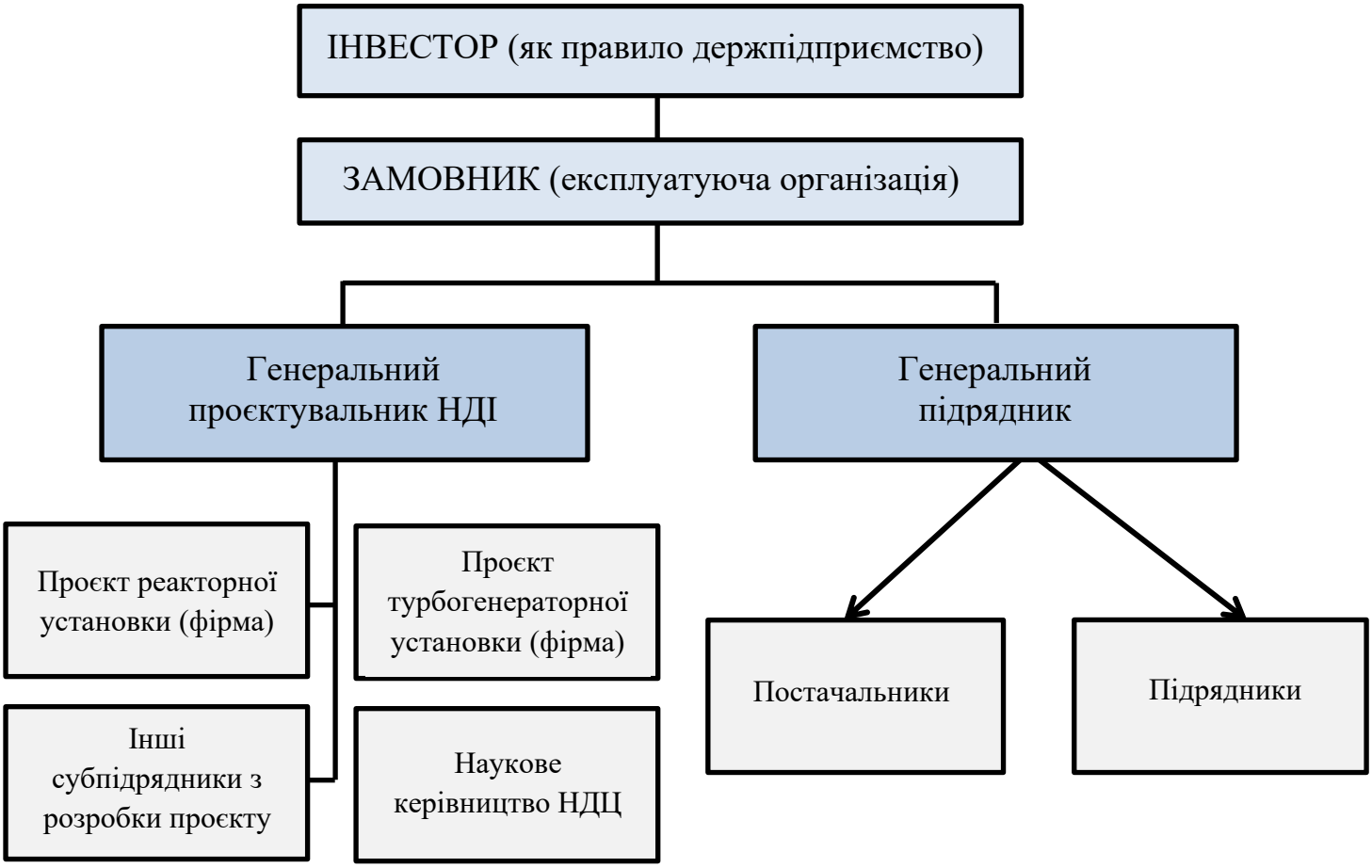


Рис. 3.21 Приклад унікальної організаційної форми – будівництва блоків АЕС

Генеральний проєктувальник керує роботою проєктувальників.

Генеральний проєктувальник може самостійно здійснювати управління проєктувальниками або включити до складу команди проєктного менеджера для здійснення управління певними аспектами проєктування (у даному прикладі –

науковий супровід, авторський нагляд тощо виконує науково-дослідним центром НДЦ). Аналогічна ситуація стосується генерального підрядника.

3.2. Організація взаємодії учасників проєкту при застосуванні BIM

BIM використовується для координації вхідних даних, організації спільного виробництва та зберігання даних, їх використання на різних етапах життєвого циклу проєкту.

BIM дозволяє охоплювати всі стадії життєвого циклу проєкту (архітектурна концепція, проєктування конструкцій та інженерних систем, організаційно-технологічна частина проєкту, графіки або 4D моделі реалізації будівельного проєкту та ін.) (рис. 3.22, 3.23) [2, 3, 6, 12].

Система планування ресурсів підприємства (ERP-система) (рис. 3.23) – це програмне забезпечення, в якому можна управляти фінансами, ланцюжками поставок, операціями, торгівлею, звітністю, виробництвом та персоналом [12].

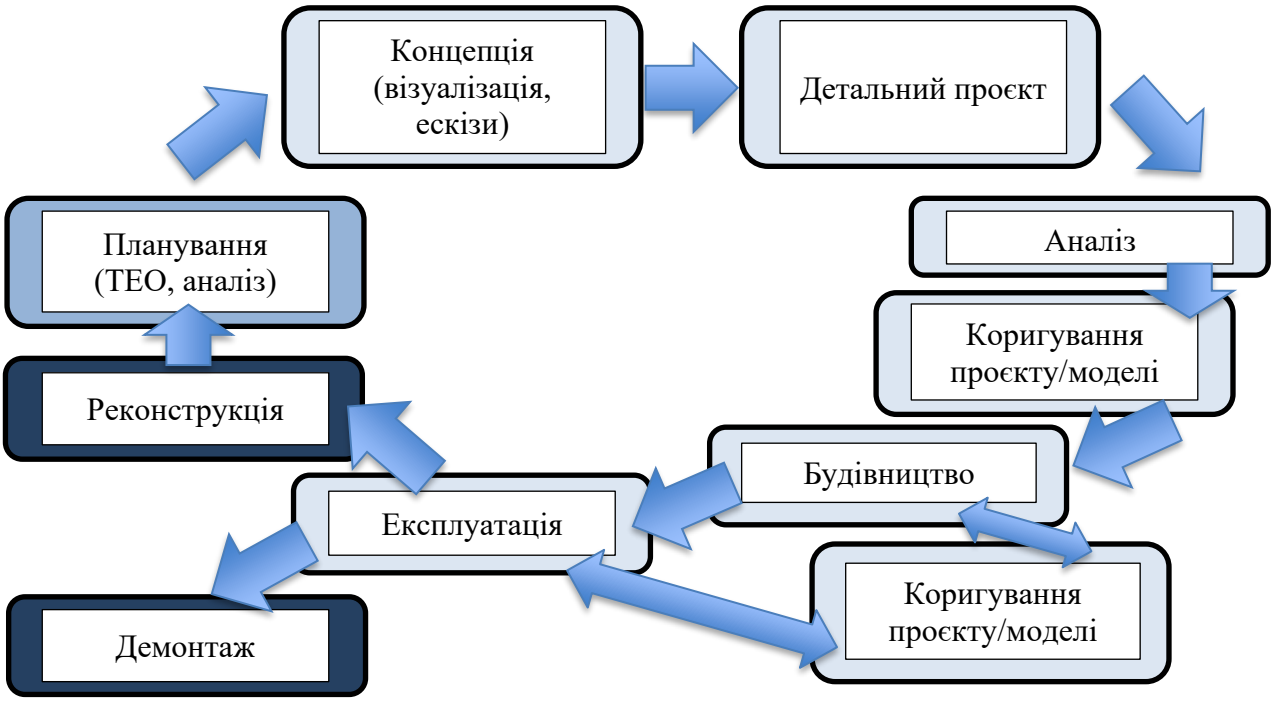


Рис. 3.22 Стадії життєвого циклу інформаційної моделі будівельного проєкту. Червоним кольором виділено початок життєвого циклу, сіро-червоним – кінець. В стадію детального проєктування входить архітектурний проєкт, розрахунок конструкцій, моделювання (зокрема, 3D-6D моделі, що розглянуто в розділі 6.2 конспекту лекцій)

Інформаційне моделювання використовується на всіх стадіях життєвого циклу проєкту, де інформаційна модель створюється, доповнюється чи змінюється [12].

Рис. 3.23 Можливості будівельного інформаційного моделювання (BIM). Модель дороги – модель будь-якого об'єкта (модель дороги – приклад)

В організації будівництва інформаційна модель використовується для планування, аналізу та контролю виконання будівельно-монтажних робіт, обліку постачання матеріалами та обладнання, дотримання техніки безпеки, контролю та обліку витрачання коштів та ін.

По сутності застосування BIM дозволяє в будь-якій організаційній формі покращити взаємодію усіх учасників реалізації будівельного проєкту. На основі використання BIM може створитись нова організаційна форма управління будівельними проєктами, що буде полягати в комунікації та взаємодії усіх стейкхолдерів через єдину інформаційну модель.

Спрощено взаємодію учасників будівельного проєкту за допомогою BIM можливо відобразити у вигляді схеми (рис. 3.24).

Порівняно з раніше розглянутими формами та способами (розділ 3.1 конспекту лекцій) можливо виділити наступні переваги застосування BIM при організації управління будівельним виробництвом:

- зниження вартості будівельного проєкту (зниження витрат на переробки проєктної документації та додаткові витрати, пов'язані з виявленням недоліків та помилок на стадії проєктування; можливість оперативного коригування моделі в процесі будівництва та експлуатації);
- моделювання різних варіантів проєкту та вибір оптимального;
- постачання учасників будівельного процесу актуальними даними;
- можливість здійснювати моніторинг та планування;
- можливість зміни проєкту у процесі його реалізації.

Рис. 3.24 Схема взаємодії учасників проєкту при застосуванні BIM

Порівняно з раніше розглянутими формами та способами (розділ 3.1 конспекту лекцій) можливо виділити наступні недоліки застосування BIM при організації управління будівельним виробництвом:

- використання великого комплексу програмного забезпечення (архітектурні, кошторисні, розрахункові програми, програми з управління проєктами та візуалізації, програми для 4-D, 5-D, 6-D… моделювання);

- вимоги щодо високої кваліфікації користувачів програмного забезпечення;
- високі ціни на програмне забезпечення.

3.3. Організація команд управління будівельними проєктами з використанням BIM

Ролі та обов’язки BIM в структурі компанії будуть відрізнятись в різних будівельних організаціях залежно від розміру та внутрішньої структури. Можливо думати про ролі BIM як про новий рівень компетенцій, що додається до ролей, які вже існують у вашій організації, а не як про нові ролі, що доповнюють або замінюють існуючі. З часом ці шари будуть розвиватися, але основні функції будуть продовжувати виконуватися [12].

Незалежно від розміру компанії, BIM необхідно впроваджувати одночасно зверху вниз і знизу вгору (на стратегічному, тактичному та операційному рівнях). Таке скоординоване впровадження вимагає відкритої комунікації між усіма ролями та рівнями [12].

Зобов'язання керівництва є обов’язковим для узгодження процесів з цілями та баченням компанії, забезпечення стратегічного керівництва та виділення достатніх фінансових і людських ресурсів [12].

Крім того, необхідна тактична команда (або людина, залежно від розміру компанії) для оцінки потреб і викликів компанії, розробки індивідуального рішення та його впровадження. Ця команда також надаватиме регулярні звіти, проводитиме переоцінку та дослідження і розробки, щоб відповісти на актуальні питання [6, 12].

Водночас BIM необхідно інтегрувати з повсякденними операціями. Ці операційні робочі процеси повинні бути протестовані, розтягнуті, розбиті на частини і популяризовані для того, щоб бути посиленими. Як загальне керівництво, функції впровадження BIM в організації можна структурувати на три рівні: стратегічний, тактичний та оперативний (рис. 3.25) [12].

BIM-менеджер (або *BIM-адміністратор* у великих компаніях, де може бути більше одного BIM-менеджера) є головною особою, відповідальною за впровадження BIM в компанії. Ця людина керує тактичним напрямком BIM у

межах параметрів, встановлених керівництвом, тобто керує розробкою керівних принципів компанії, загальних процесів, шаблонів проєктів, а також вирішенням технічних питань або розв'язанням проблем [12].

У невеликих компаніях, де немає IT-адміністратора, BIM-адміністратор також може взяти на себе відповідальність за встановлення та обслуговування програмного та апаратного забезпечення [12].

BIM-менеджер повинен бути в курсі інновацій, пов’язаних з програмним забезпеченням, а також національних і міжнародних стандартів і рекомендацій [12]. *IT-менеджер* відповідає за встановлення та експлуатацію всього програмного забезпечення, обладнання та IT-систем. Він також може бути залучений разом з BIM-менеджером до досліджень і розробок для визначення та тестування нових технологій [6, 12]

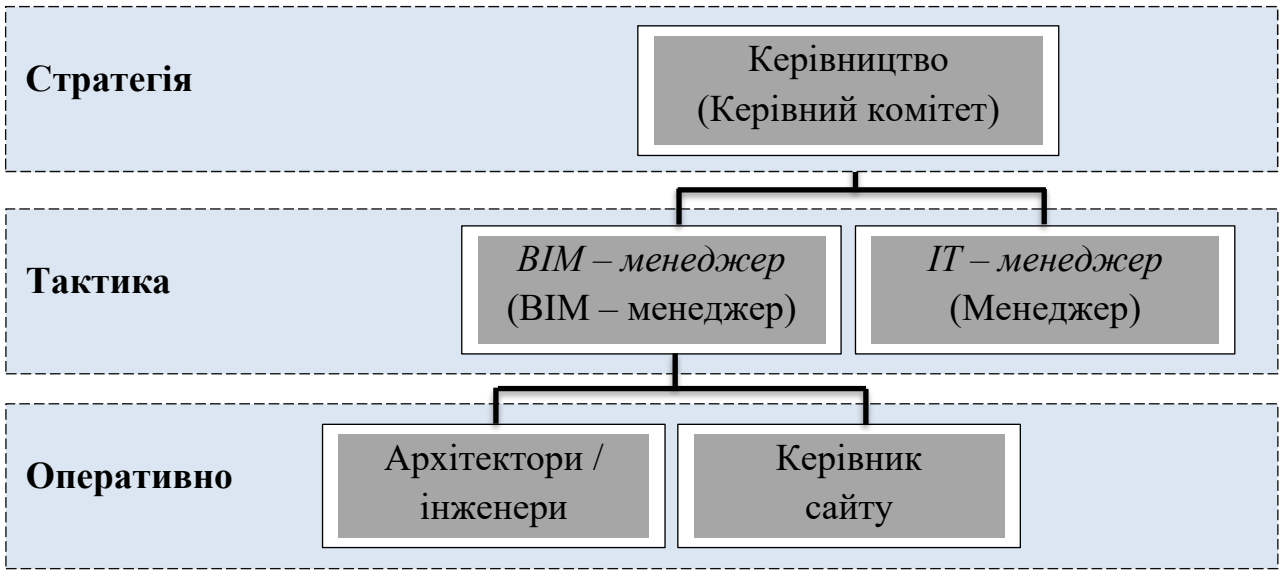


Рис. 3.25 Функції BIM в організації

На операційному рівні у нас є кінцеві користувачі: архітектори, інженери та керівники будівництва, які в кінцевому підсумку створюють і використовують дані моделі. Діяльність тут широка і різноманітна і може включати що завгодно: від створення моделі, проєктного аналізу, складання розкладу, запуску симуляцій до звітування про хід робіт і відстеження змін або дефектів на об'єкті [2, 3, 12].

Щоб досягти найбільшого успіху, команда повинна бути залучена та поінформована про політику та процедури високого рівня; це означає, що

керівництву необхідно повідомити, як стратегічний напрямок вплине на індивідуальні ролі кінцевих користувачів [12].

Кожна з традиційних функцій проєкту може підтримуватися функціоналом BIM (рис. 3.26). У короткостроковій перспективі *BIM-експерт* може виконувати додаткові функції, але в довгостроковій перспективі проєкти повинні мати однакову кількість «штатних» співробітників з BIM-компетенціями. Єдиний виняток – BIM-консультант для власника, який може залишатися зовнішньою функцією [12].

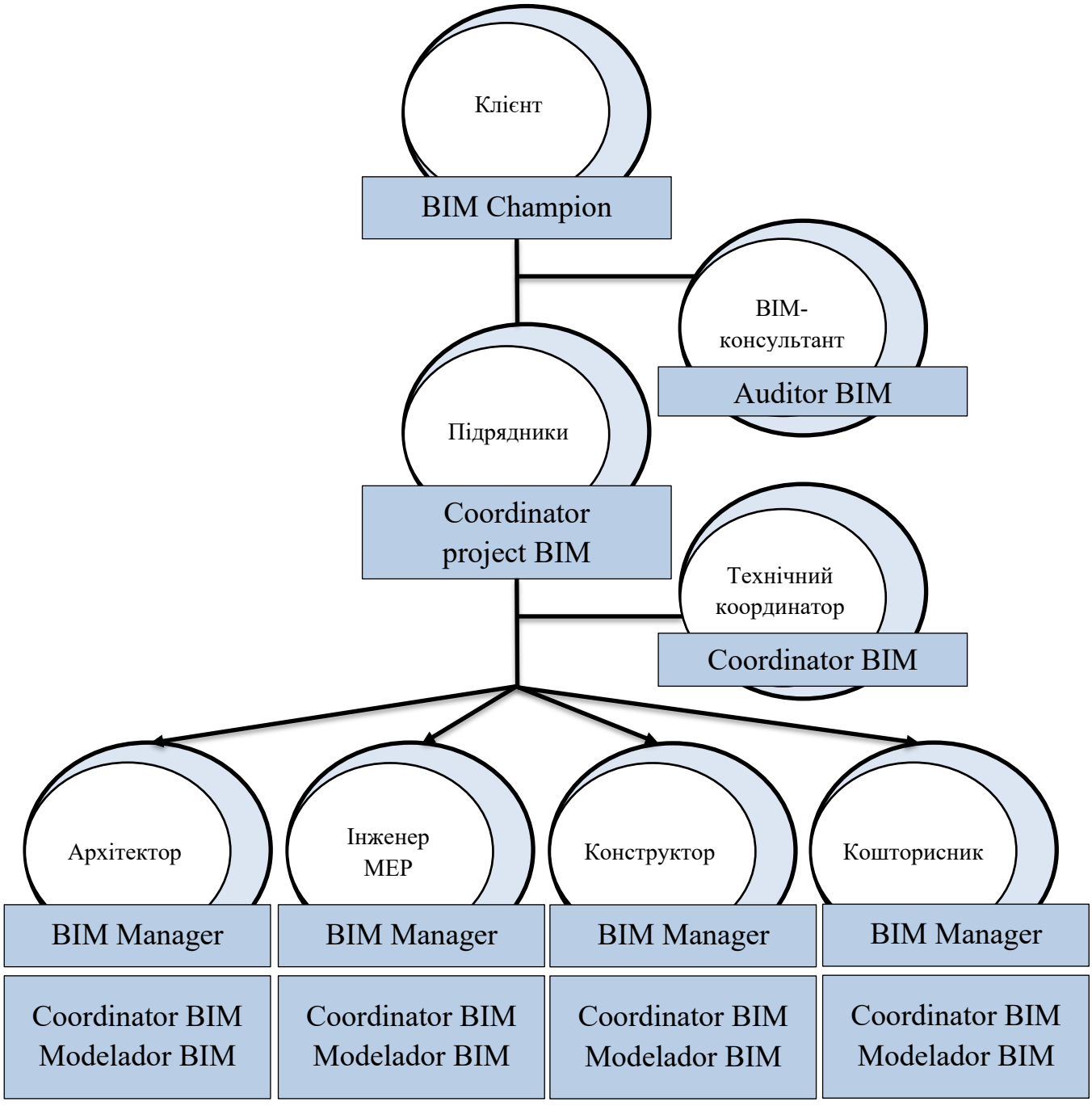


Рис. 3.26 Традиційні ролі, призначені для BIM-компетенцій

Чемпіон BIM (рис. 3.26) є рушієм BIM в організації клієнта і визначає стратегію та цілі BIM з точки зору власника. Це означає просування діяльності та бачення BIM в організації замовника, а також зовнішню комунікацію з компаніями-партнерами. До обов'язків BIM-чемпіона входять:

- внутрішня координація навчання BIM;
- планування внутрішніх ресурсів (персонал, витрати, планування);
- BIM-планування проєктів [12].

Чемпіон BIM – це рушій BIM на стратегічному рівні в організації (зазвичай використовується у відношенні до організації-клієнта) [2, 12].

BIM-аудитор (або менеджер з якості) зазвичай є зовнішнім консультантом власника будівлі, який допомагає визначити та впровадити вимоги та протоколи BIM у проєкті [12].

Координатор BIM-проєкту є основною контактною особою для BIM-проєкту. Зазвичай їхня роль полягає у стратегічній координації та контролі проєктів [12]. BIM-координатор виконує функцію контролю якості на операційному рівні.

BIM-аудитор в першу чергу бере участь у плануванні та моніторинг у проєкту з точки зору клієнта. Це функція управління якістю, яка може включати визначення проєктних протоколів, моніторинг процесу BIM та аудит результатів проєкту. Ця особа представляє технічні інтереси власника на координаційних зустрічах і встановлює вимоги до необхідних технологій, стандартів та керівних принципів, що застосовуються під час реалізації проєкту. До інших обов'язків BIM-аудитора належать:

- встановлення протоколів комунікації між BIM-командами через відповідних BIM-координаторів;
- забезпечення та контроль якості;
- підтримка узгодженості даних [12].

Координатор проєкту BIM (головний підрядник). Це основна функція підтримки проєкту для всіх команд, що працюють з BIM. Координатор проєкту BIM керує оглядами проєктів BIM та координаційними зустрічами, виступає в ролі

інформаційного менеджера та координатора питань, а також забезпечує зв'язок між командами на об'єкті. Цей координатор забезпечує продуктивність і комунікацію між BIM, а також узгодженість даних між учасниками проєкту. Інші обов'язки координатора проєкту BIM включають:

- забезпечення та контроль якості;
- підтримку BIM на місці;
- підтримку передачі документації про фактичний стан до FM [12]. FM (Facility Management) – це керування експлуатацією та обслуговуванням будівель і споруд після завершення етапу будівництва.

BIM-координатор визначає просторове планування будівельних послуг і забезпечує технічну координацію робіт (включаючи відкриття будівельних майданчиків) [12].

Інші обов'язки BIM-координатора включають:

- контроль якості моделі (перевірка геометрії та властивостей);
- забезпечення якості торговельної координації;
- регулярне звітування та моніторинг проблем [12].

В рамках функції компанії *BIM-менеджер* здійснює нагляд за внутрішньою BIM-командою та процесами CAD/BIM, а в рамках функції проєкту BIM-менеджер забезпечує відповідність результатів проєкту вимогам проєкту та плану виконання BIM-проєкту. Інші обов'язки BIM-менеджера включають:

- зв'язок з координатором проєкту та іншими BIM-менеджерами;
- керівництво проєктної команди;
- забезпечення контролю якості [12].

BIM-менеджер – це операційний керівник BIM в організації. Це технічна роль, яка відповідає за створення інформаційних моделей будівель відповідно до специфікацій проєкту, координацію та вирішення дрібних проблем. Автори BIM також повинні позначати та повідомляти про проблеми для подальшого розгляду [12].

Автор BIM – це будь-яка особа, яка бере участь у створенні даних моделі [12].

Ключові функції BIM-проєкту (рис. 3.27):

- (1-2): створення, експорт та аналіз моделі – це діяльність, якою керують окремі консультанти (автори та BIM-менеджери);
- (3): управління обміном моделями та контроль якості (з комерційною координацією) здійснює BIM-координатор;
- (4): координація проєкту та співпраця (включаючи управління координаційними нарадами проєкту, розгляд питань, планування витрат та графіку) є обов'язком координатора проєкту BIM;
- (5): валідація вилучень даних перевіряється зовнішнім BIM-аудитором [12].

Папір	*BIM-моделювальник BIM-менеджер/ координатор*		*Технічний координатор*	*Координатор проєкту*	*Аудитор*
Діяльність	Створення BIM	Витяг та аналіз даних	Контроль якості	Координація	Контроль якості
Робоче	Рідне середовище		Середовище обміну	Середовище для співпраці	Середовище обміну

Рис. 3.27 Зіставлення ключових видів діяльності BIM-проєкту з ролями

У проєктному середовищі BIM-менеджер (рис. 3.28) виконує роль зв'язкового. Він представляє інтереси своєї організації на зустрічах з координації BIM-проєктів, а також забезпечує виконання вимог проєкту в рамках діяльності своєї компанії. BIM-менеджер є основною контактною особою для координатора проєкту BIM у відповідних проєктних командах. З іншого боку, BIM-координатор проєкту в першу чергу керує BIM-процесами всього проєкту. BIM-координатор проєкту може бути найнятий власником або генеральним підрядником і є основною контактною особою для всіх проєктних команд щодо вимог BIM проєкту [2, 6, 12].

Рис. 3.28 BIM-менеджер і координатор BIM-проєкту

Як інтерфейс між функціями компанії і функціями всієї проєктної команди, ми можемо визначити ще одну підгрупу: «проєктні функції» в рамках «компанії або дисципліни». Кількість людей, залучених до проєкту, і, звичайно, їхні обов'язки завжди будуть залежати від проєкту, дисципліни та фази. У невеликій житловій забудові планувальник освітлення може призначити лише одного фахівця на ранній стадії, в той час як у великій забудові архітектурне бюро може легко мати десять або двадцять фахівців для розробки будівельної документації. Тим не менш, можна визначити узагальнені ролі та види діяльності. Європейський дослідницький проєкт BIM4VET визначає три основні ролі в проєкті: BIM-менеджер, BIM-координатор і BIM-автор (рис. 3.29). Автор BIM (як моделювальник, так і користувач моделі) також поділяється на старшого та молодшого ролей. BIM4VET призначає конкретні види діяльності для кожної з ролей з відповідними рівнями компетенції [2, 3, 12, 18].

BIM-менеджер	BIM-координатор	Автор BIM (старший)	Автор BIM (молодший)
1) Визначає та підтримує стандарти проєкту. 2) Узгоджує програмні рішення, які будуть впроваджені. 3) Визначає результати проєкту відповідно до вимог клієнта. 4) Створює та підтримує програму координації для надання послуг. 5) Забезпечує впровадження системи обміну інформацією про проєкт. 6) Здійснює керівництво BIM-діяльністю на рівні проєкту. 7) Оцінює спроможність команди проєкту відповідати стандартам проєкту.	1) Забезпечує дотримання стандартів проєкту. 2) Забезпечує дотримання корпоративних стандартів. 3) Забезпечує дотримання національних та міжнародних стандартів. 4) Координує результати роботи BIM-моделювальників/ техніків для забезпечення належної якості та дотримання вимог BEP. 5) Відстежує звіти про вправлення конфліктів та їх вирішення. 6) Вирішує нагальні проблеми з програмним забезпеченням та підвищенням кваліфікації персоналу. 7) Забезпечує впровадження програмного забезпечення BIM.	1) Посилається на інші спільні моделі для забезпечення координації дизайну та уникнення конфліктів. 2) Розробляє та підтримує графічні та неграфічні моделі відповідно до стандартів проєкту. 3) Отримує результати проєкту з графічних та неграфічних моделей. 4) Допомагає підтримувати стандарти проєкту. 5) Вирішує нагальні проблеми з програмним забезпеченням, підтримує підвищення кваліфікації персоналу. 7) Забезпечує повну відповідність найкращим галузевим практикам у сфері виробництва та обміну інформацією. 8) Допомагає підтримувати внутрішні стандарти CAD та робочий процес, надаючи зворотній зв’язок BIM-координатору.	1) Звертається до роботи, виконаної іншими членами проєктної команди. 2) Розробляє та підтримує графічні та неграфічні моделі відповідно до стандартів проєкту. 3) Готує шаблон, щоб поділитись ним із внутрішніми та зовнішніми зацікавленими сторонами. 4) Отримує результати проєкту з графічних та неграфічних моделей. 5) Переглядає результати для включення вирішення конфліктів. 6) Посилається на інші спільні моделі для забезпечення координації дизайну та уникнення конфліктів. 7) Перевіряє результати відповідно до протоколу QA/QC. QA (Quality Assurance) –забезпечення якості. QC (Quality Control) – контроль якості.

Рис. 3.29 BIM4VET BIM. Визначення ролей та видів діяльності

Схему організації BIM процесів зображено на рисунку 3.30. При цьому можливо побачити варіант організації команди та їх сумісної роботи [18]. З рисунку 3.30 слід зауважити, що або може бути власник активу (наприклад, будівлі) або проєкту (ланцюжку задач). Головне, що ці особи є замовниками подальших дій [3, 18].

Менеджер проєкту розглядає, що з одного боку в нього є клієнти як замовники, а з іншого боку в нього є клієнти як виконавці. Тобто суто ієрархічного зв'язку немає.

Головного підрядника та субпідрядника наймає BIM-менеджер.

Призначений *консультант з проєктування* координує роботу конструктивного проєктування, інженерного проєктування, архітектурного проєктування тощо [18].

Призначена сторона архітектор – розділяє процеси за які будуть відповідати проєктувальники (наприклад, фасади) та визначає як збирати в воєдино в хмарі [18].

Рис. 3.30 Варіант організації команд в BIM

3.4. Матриця розподілу обов'язків учасників будівельного проєкту

Матриця розподілу обов'язків відображає, що виконується в рамках реалізації будівельного проєкту з застосуванням BIM та хто саме це виконує. Матриця розподілу обов'язків є основою *BEP - BIM Exclusion Plan - плану реалізації BIM-проєкту,* який розробляється генпідрядною організацією для регламентації взаємодії з субпідрядними організаціями та узгоджується з замовником. Тут пов'язується інформація та деталізація цієї інформації [18].

Приклад матриці розподілу обов'язків зображено на рисунку 3.31 [18].

З рисунку 3.31 видно, що одна ланка відповідає виключно за геометричний опис, а інша – за інформацію. При цьому перша ланка може мати різний ступінь деталізації на різних стадіях життєвого циклу проєкту. Але вони повинні розміщуватись в середині загальної концепції деталізації. А друга ланка навпаки – чим більше буде додано інформації до того чи іншого елементу тим більш структурованою ця інформація буде на вищому рівні опису цієї моделі [18].

Коли вводиться певна ланка інформації то на цьому етапі вже можливо розподіляти обов'язки. Наприклад вказувати, що більш низькокваліфіковані фахівці – менеджери будівельної галузі можуть вносити загальну інформацію про наявні будівельні матеріали. В той час як інженер, який робить розрахунок бачив, які матеріали закладати у проєкт [18].

На етапі складання матриці обов'язків можливо інформацію розділити на 2 частини:

- інформація, що має бути надана постачальниками (належить постачальникам);
- інформація, що має бути надана постачальникам (належить виконавцям).

В BEP це прописується для організації взаємодії гендпідрядною організацією [18].

Responsibility Matrix	RIBA Stage 2			RIBA Stage 3			RIBA Stage 4			RIBA Stage 5			RIBA Stage 6		
	Design			Design			Procurement			Delivery			Transition		
				Data drop 2a/b			Data drop 3			Data drop 4			Data drop 5		
	Originator	LOD	LOI	Originator	LOD	LOI	Originator	LOD	LOI	Originator	LOD	LOI	Originator	LOD	LOI
Surveys															
Topographical survey	Client	7	7	Ground	7	7							Contractor	7	7
Existing Utilirbes survey	Client	7	2	Ground	7	7									
Three survey				Enviro	7	7									
Asbestos demoition survey	Client	2	2	Enviro	7	7							Contractor	7	7
Ground investigation desktop study	Client	NA	2												
Intrusive ground investigation survey				Ground	7	7									
Acoustics survey	Client	NA	2	Enviro	NA	3									
Flood risk assessment				Flood	4	2									
Habitat survey	Client	NA	2	Enviro	NA	3									
Transport assessment	Client	NA	2												
Architectural															
Form and context															
Site Massing & ground layout				Arch	3	2	Arch	4	3	Contractor	4	3	Contractor	6	6
Boundary Treatment				Arch	3	2	Arch	4	3	Contractor	4	3	Contractor	6	6
Hard & soft landscaping				Arch	3	2	Arch	4	3	Contractor	4	3	Contractor	6	6
External form and appearance				Arch	3	2	Arch	4	3	Contractor	4	3	Contractor	6	6
Internal Layouts				Arch	3	2	Arch	4	3	Contractor	4	3	Contractor	6	6
Design Strategies and Performance															
Fire safety strategy				Fire	2	2	Fire	3	4						
Physical secunty				M&E	2	2	M&E	3	4						
Schedule of accommodation				M&E	2	2	M&E	3	4						
Disabled Access				M&E	2	2	M&E	3	4						
BREEAM				M&E	2	2	M&E	3	4						
Maintenance Access				M&E	2	2	M&E	3	4						
Acoustic Analysis				M&E	2	2	M&E	3	4				Contractor	7	7
Daylight design & analysis				M&E	2	2	M&E	3	4				Contractor	7	7
Thermal comfort & analysis				M&E	2	2	M&E	3	4				Contractor	7	7
Building components															
External walls				Structures	3	2	Structures	4	3	Contractor	4	3	Contractor	6	6
External doors and windows				Structures	3	2	Structures	4	3	Contractor	4	3	Contractor	6	6
External finishes				Structures	3	2	Structures	4	4	Contractor	4	4	Contractor	6	6
Floors				Structures	2	2	Structures	4	3	Contractor	4	3	Contractor	6	6
Roofs				Structures	2	2	Structures	4	3	Contractor	4	3	Contractor	6	6
Stairs				Structures	2	2	Structures	4	3	Contractor	4	3	Contractor	6	6
External walls				Structures	2	2	Structures	4	3	Contractor	4	3	Contractor	6	6
External doors sets				Structures	2	2	Structures	4	3	Contractor	4	3	Contractor	6	6
Cerings				Structures	2	2	Structures	4	3	Contractor	4	3	Contractor	6	6
External finishes				Arch	2	2	Arch	4	4	Contractor	4	4	Contractor	6	6
Floor plans				Arch	2	2	Arch	4	3	Contractor	4	3	Contractor	6	6
Furniture Fixture and Equipment				Arch	2	2	Arch	4	4	Contractor	4	4	Contractor	6	6
ICT				Arch	2	2	Arch	4	4	Contractor	4	4	Contractor	6	6

Рис. 3.31 Приклад матриці розподілу обов’язків

3.5. Загальний план реалізації будівельного проєкту BEP (PIR+EIR+BEP)

BIM Виконавчий План. З англ., BIM Execution Plan, BEP (рідше ВхР) – це документ, підготовлений виконавцями для пояснення того, як будуть реалізовуватись певні аспекти інформаційного моделювання будівельного проєкту. BEP узгоджується усіма сторонами [6, 12, 18] (рис. 3.32). Інше визначення BEP – план реалізації BIM-проєкту, який розробляється генпідрядною організацією, для регламентації взаємодії з субпідрядними організаціями та узгоджується з замовником [18]. BEP роз'яснює ролі учасників проєкту, їхні обов'язки, окреслює кінцеві результати і терміни їхнього досягнення, а також стандарти, що застосовуються, та процедури, яких слід дотримуватися. В рамках BEP розробляються як перед- так і пост-контрактні виконавчі плани [6].

Ще одне визначення BEP наступне. План реалізації BIM-проєкту (BEP - BIM Execution Plan) – технічний документ, який розроблюється, як правило, генпроєктною і (або) генпідрядною організацією для регламентації взаємодії з субпроєктними (субпідрядними) організаціями та узгоджується з замовником. Відображає інформаційні вимоги замовника, завдання застосування інформаційного моделювання, необхідні рівні опрацювання, ролі і функціональні обов'язки учасників процесу інформаційного моделювання [18]

BEP формує виконавець. Згідно BEP формується попередній план виконання BIM-проєкту. Схему та план реалізації BEP командою зображено на рисунку 3.33.

Вимоги до інформації про проєкт (PIR – Project Information Requirements) – документ, який описує загальні вимоги замовника до інформації, що повинна бути створена або надана протягом життєвого циклу проєкту. PIR фокусується на тому, яка саме інформація потрібна, коли вона потрібна і хто її повинен надати.

Рис. 3.32 Хто збирає проєкт BIM

Під час створення інформаційних вимог щодо проєкту враховується багато аспектів, включаючи: обсяг проєкту; план дій проєкту; ключові віхи; спосіб доставки; плановане використання інформації; всі пояснення для забезпечення їх можливості прийняти обґрунтовані рішення [18].

Вимоги до обміну інформацією (EIR, Exchange Information Requirements) – документ, який конкретизує вимоги до обміну інформацією між учасниками проєкту. Він базується на PIR, але йде глибше в технічні та організаційні аспекти [18]. EIR визначає формати обміну, частоту передачі інформації, відповідальних осіб, протоколи та інструменти. Це основа для розробки BEP.

Структура EIR згідно ISO 19650 наступна [4, 5].

1. Технічні вимоги.

- формати файлів (IFC, PDF, RVT тощо);
- рівень деталізації/інформації (LOD/LOI/LOIN);
- вимоги до CDE (середовища загальних даних).

2. Комерційні вимоги.

- етапи поставки інформації;
- зобов'язання учасників щодо інформації;

- вимоги до ресурсів, кваліфікації, аудитів.

3. Вимоги до управління.

- хто відповідає за надання даних (ролі);
- графіки TIDP / MIDP;
- процедури перевірки, затвердження, контролю.

Рис. 3.33 Схема та план реалізації BEP командою

Інтегрована модель реалізації проєкту (IPD, Integrated Project Delivery) готується постачальником завдання відповідно до EIR. Використовується й інше визначення плану надання інформації (IPD) – яку звітність ми повинні передати вище [18].

Основний план створення інформації (MIPD, Master Information Production Delivery Plan) нам каже коли певне устаткування та матеріали повинні бути на будівельному майданчику.

Робочий процес плану реалізації будівельного проєкту зображено на рисунку 3.34.

З рисунку 3.34 видно, що в свою чергу матриця розподілу обов'язків розкладається на *основний план створення інформації (MIDP, Master Information Production Delivery Plan) та план створення інформації по завданнях (TIDP, Task*

Information Delivery Plan). Це окремі документи, але між ними має бути зв'язок [18].

Коли від замовника отримано вимоги до обміну інформацією то можливо сказати, чи наявна технічна можливість викласти в хмарне середовище проєкт та вкласти всі властивості про які вказував замовник [18].

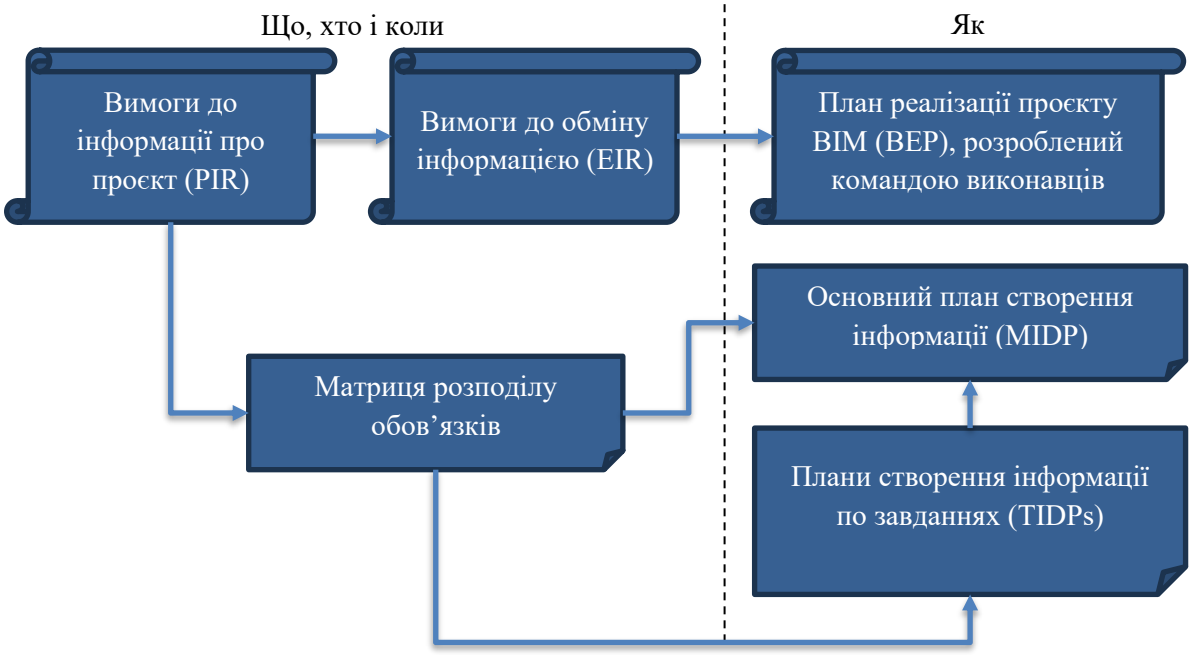


Рис. 3.34 Робочий процес плану реалізації будівельного проєкту

Приклад плану реалізації BIM-проєкту (BEP) зображено на блок-схемі (рис. 3.35). Інженерні комунікації – це вже «обладнання» «каркасу» будівлі. На стадії BEP вони не розглядаються, тому в блок-схемі їх немає. Зі схеми можливо сказати наступне. Архітектори – проєктують приміщення, можуть сказати, які потрібні будівельні матеріали та який буде фасад. Конструктор – збирає навантаження, робить розрахунки та виконує конструювання. Технолог – займається організацією будівельного майданчика, розробляє технології зведення будівлі та визначає, яке обладнання йому для цього потрібно. Тобто створюються окремі моделі, які в кінці об'єднуються в єдину модель. Але на рисунку 3.35 вони показані відокремленими, що не є притаманним для BIM. Ці складові постійно взаємодіють одна з одною та обмінюються інформацією. Це відображено на другому прикладі BEP (рис. 3.36) [18].

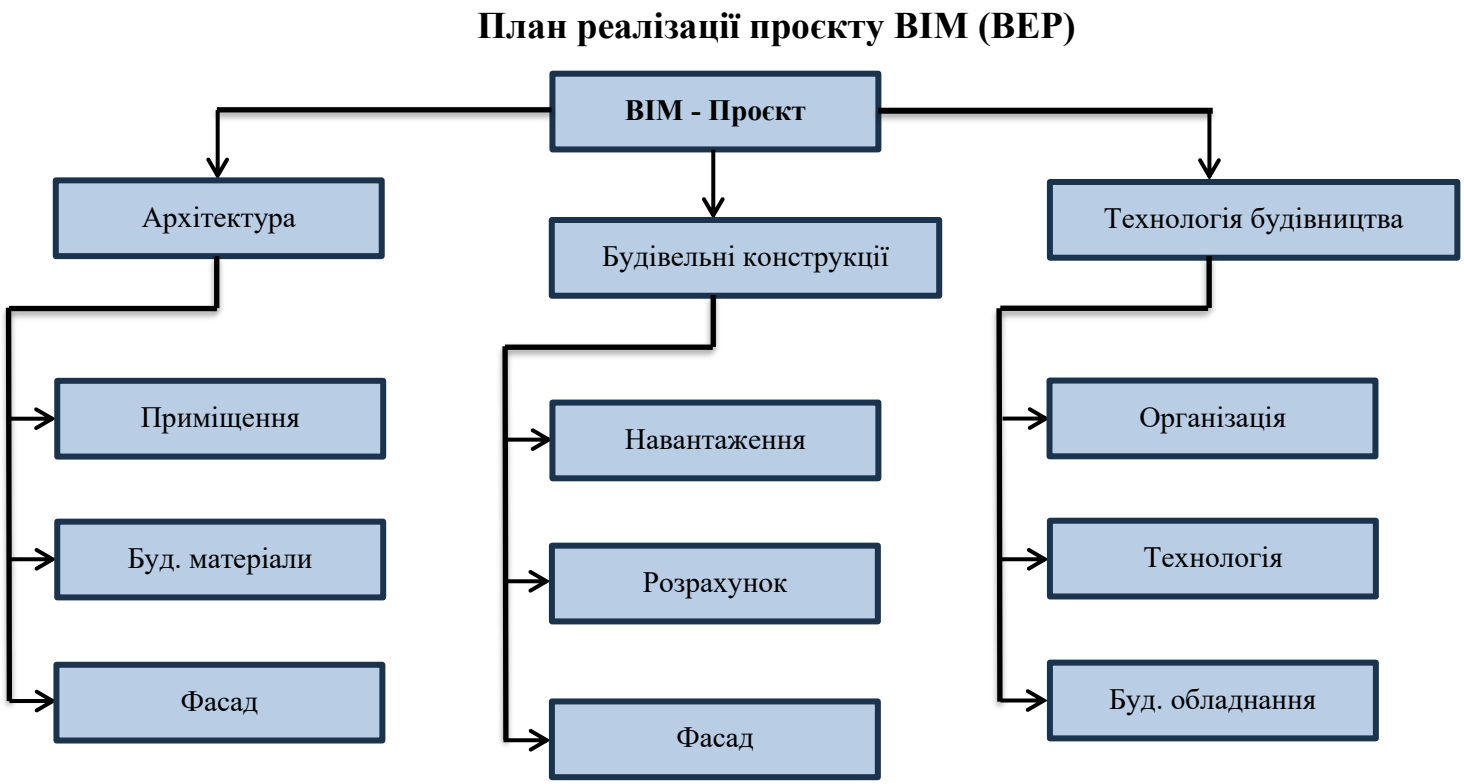


Рис. 3.35 Приклад BEP

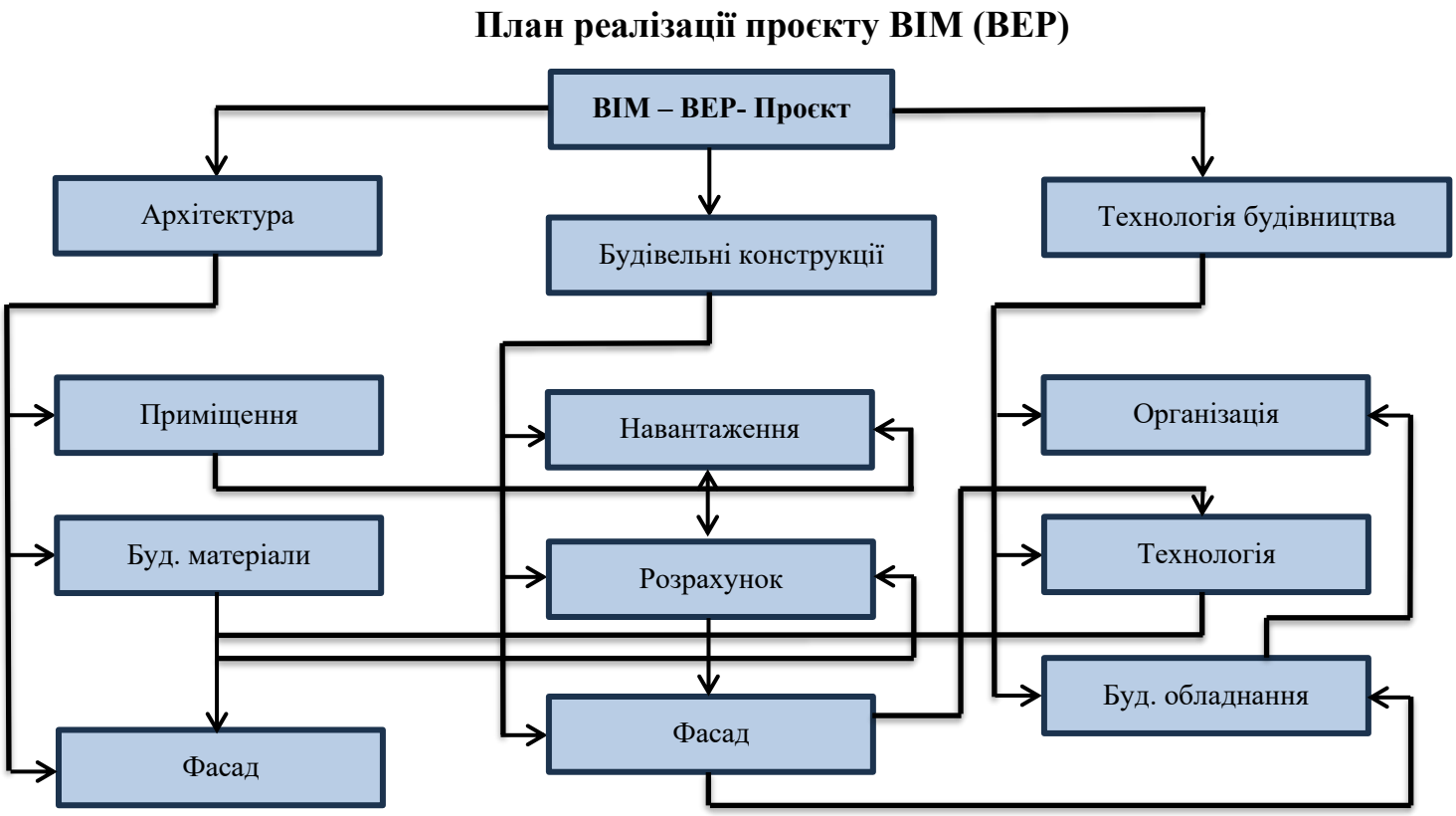


Рис. 3.36 Другий доповнений приклад BEP

Рисунки 3.35 та 3.36 не є статичними. Наприклад, на стадії конструювання може бути здійснено перевірку на помилки, колізії та дублювання. В цьому випадку модель буде повернуто до архітектора чи попередніх етапів для коригування. на схемі з'являться нові зв'язки. Тобто BEP може суттєво відрізнятись при реалізації різних BIM-проєктів [18].

Контрольні питання за розділом 3.

1. Які існують традиційні та інноваційні організаційні форми будівельного виробництва?
2. У чому полягає основна відмінність між традиційними та інноваційними формами організації будівельного виробництва?
3. Як змінюється взаємодія між учасниками будівельного проєкту при переході до інноваційних форм організації?
4. Які переваги дає застосування інноваційних підходів на основі BIM у порівнянні з класичними організаційними формами будівництва?
5. Назвіть ключові ролі в BIM-проєкті та коротко опишіть функціональне призначення кожної.
6. Які організаційні рівні команди виділяються в процесі реалізації BIM-проєкту? Коротко їх охарактеризуйте.
7. У чому полягають особливості взаємодії між членами BIM-команди на різних етапах життєвого циклу проєкту?
8. Яке призначення має матриця розподілу обов'язків у BIM-проєкті?
9. Що таке BEP і яку роль він відіграє в процесі реалізації BIM-проєкту?
10. Яка інформація закладається у EIR? Сфера використання.
11. Яка інформація закладається у PIR? Сфера використання.
12. Що таке MIDP і TIDP? Поясніть взаємозв'язок між ними.

РОЗДІЛ 4. СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ КОНЦЕПЦІЇ УПРАВЛІННЯ БУДІВНИЦТВОМ

Традиційна організаційна (або інформаційно-комунікаційна) схема взаємодії в будівництві включає в себе наступних основних учасників: замовник, проєктувальник та підрядні організації. *Замовник* – інвестор або інша юридична (фізична) особа, яка за дорученням інвестора видає замовлення на виконання проєктно-вишукувальних робіт і на будівництво, укладає договори (контракти), здійснює технічний нагляд, контролює хід будівництва, приймає закінчені роботи (послуги), проводить розрахунки та вводить об'єкт в експлуатацію. *Проєктувальник* – юридична або фізична особа незалежно від форм власності (проєктні інститути, майстерні тощо), яка має ліцензію на розроблення проєктної документації або її окремих розділів, і здійснює авторський нагляд за будівництвом. *Генеральний підрядник (генпідрядник)* – будівельна організація, що виконує комплекс робіт із зведення об'єкта власними силами та силами залучених спеціалізованих організацій. Всі ці сторони пов'язані цивільно-правовими угодами (договорами підряду), в рамках яких виконують відповідні роботи та відстоюють власні інтереси. У разі, якщо ці інтереси стають суперечкою між сторонами, порушується потік виробничої інформації та мають місце відповідні втрати, що може призводити до порушень у результативності. Саме тому новітні системи мають меті вирішення проблеми інформаційно-комунікаційних розривів та організаційну консолідацію найбільш важливих функцій в рамках однієї структури – інженера-консультанта. *Інженер-консультант* – спеціалізована інжинірингова організація або фахівець, що забезпечує організаційний та консультативний супровід проєктування та будівництва об'єктів.

На рисунку 4.1 представлена схема взаємозв'язку організаційної структури та інформаційного середовища підприємства при впровадженні інформаційних засобів [19]. Припущення про такий взаємозв'язок висловлено в зв'язку з наступним:

- інформаційне середовище підприємства, а саме, сукупність програмних засобів і рівень доступу до них, є відображенням виробничої структури і ієрархії бізнес-ролей підприємства;
- архітектура інформаційного середовища підприємства повинна бути сформована для кожного окремого випадку, виходячи не тільки з специфіки галузі, а й зі специфіки організаційної структури даного підприємства. Наприклад, архітектура інформаційного середовища для проєктно-орієнтованої і функціональної організаційних структур будуть різними;
- впровадження та ефективне використання інформаційних засобів не може бути реалізоване без достатнього рівня організації бізнес-процесів і без змін організаційної структури [19].

Виходячи з обґрунтованого вище взаємозв'язку між *організаційною структурою і інформаційним середовищем* підприємства можна зробити висновок, що протягом деякого часу впровадження вони будуть доповнюватися і динамічно змінюватися в часі. Сучасний рівень розвитку програмних засобів дозволяє припустити, що можлива фіксація показників даних змін [19]. Серед таких показників найбільш важливими представляються наступні:

- показники відповідності фактично виконуваних користувачами функцій запроєктованим;
- показники швидкості руху і якості переданої виробничої інформації: фінансового, технічного характеру;
- показники задоволення користувачів в функціональності інформаційних засобів [19].

Таким чином, важливо враховувати ці показники при впровадженні інформаційних засобів, при цьому не забуваючи про взаємозв'язок між організаційною структурою та інформаційним середовищем підприємства.

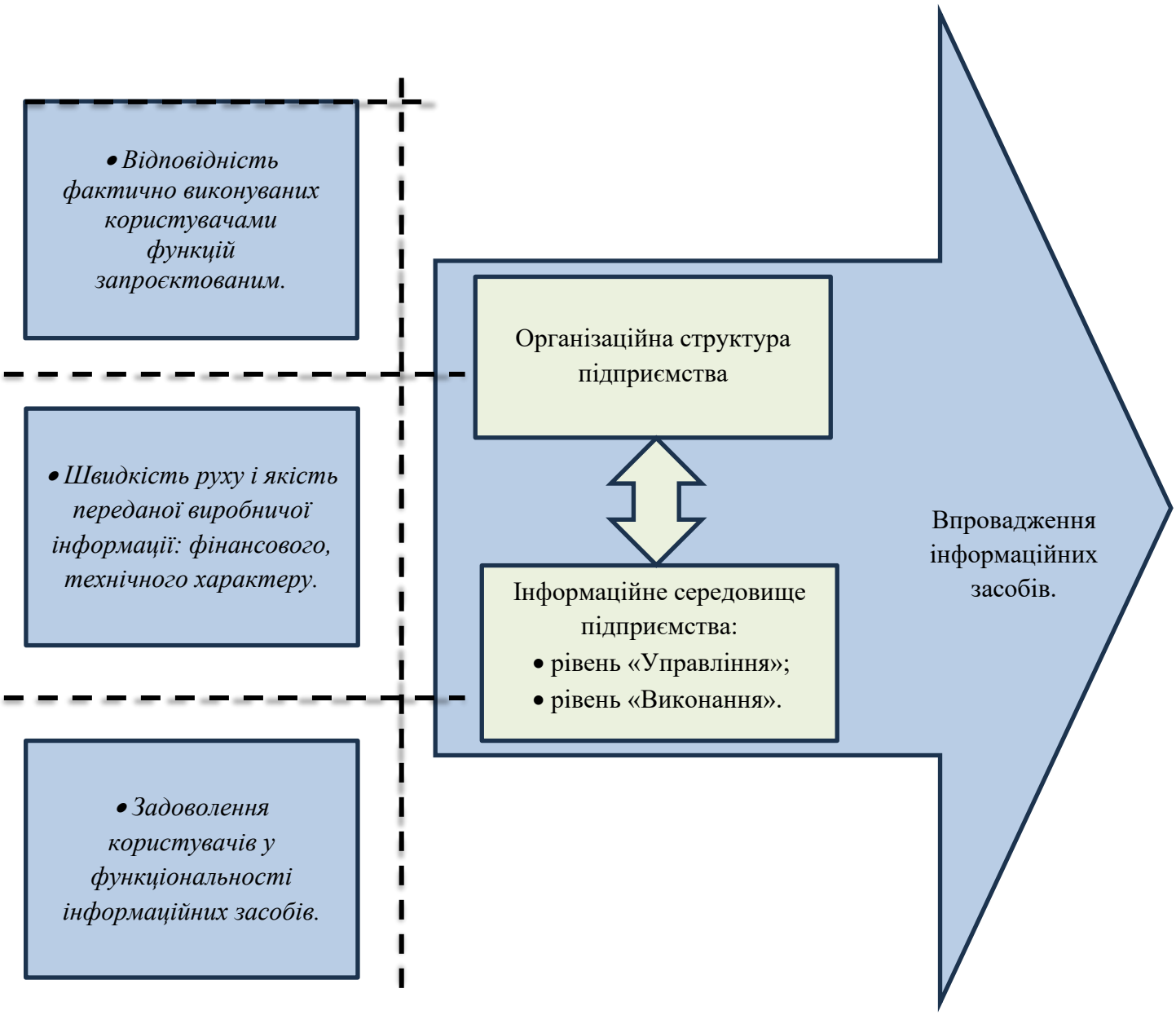


Рис. 4.1 Схема «Організаційна структура ↔ Інформаційне середовище»
(ліва частина містить показники, а права – складові процесу впровадження інформаційних засобів в будівництві.)

Надалі, в якості прикладу, розглянемо одну з сучасних інформаційно-комунікаційних концепцій – «шаблон управління будівництвом».

Визначення концепції «шаблон управління будівництвом». Шаблон управління будівництвом (ШУБ) – це інформаційно-комунікаційна модель у вигляді об'ємної параметричної частини будівлі чи споруди та пов'язаного з нею ресурсного графіку робіт, що використовується для прийняття та моніторингу

планувальних, конструктивних, технологічних, організаційних, експлуатаційних та економічних рішень протягом усього будівельного проєкту (рис. 4.2) [19].

З точки зору бізнес-моделювання, шаблон управління будівництвом є складовою бізнес-моделі інвестиційно-будівельного процесу. Можна запропонувати наступну класифікацію відповідних бізнес-процесів інвестиційно-будівельних проєктів:

- процеси узгодження та дозвільних процедур;
- процеси архітектурно-конструктивного проєктування: проєктування ескізне, дозвільної стадії та робоче;
- організаційно-технологічне забезпечення (виробничо-технічне забезпечення; матеріально-технічне забезпечення; процеси служби головного енергетика, механіка тощо);
- процеси будівництва – шаблони управління будівництвом;
- процеси продажів – наприклад, у вигляді «воронки продажів»;
- допоміжні та адміністративні процеси (служба персоналу; служба безпеки; юридичне забезпечення; фінансове та бухгалтерське забезпечення тощо).

Рис. 4.2 Шаблон управління будівництвом як інформаційно-комунікаційний засіб керівництва

Потрібно зазначити, що рішення, включені у ШУБ, є результатом процесів проєктування та моделлю продукту інвестиційно-будівельної діяльності. Одночасно ШУБ є завданням для організації та методом контролю будівництва.

Відповідно до рисунку 4.3, можна виділити ряд напрямків використання концепції «шаблон управління будівництвом»: комерційний, комунікаційний, управлінський, архітектурно-конструктивний, технологічний, експлуатаційний.

Комерційний напрямок використання:	ШУБ представляє собою модель будівельної продукції.
	Використання ШУБ дозволяє на будь-якому етапі проєкту оцінювати його інвестиційну привабливість.
Комунікаційний напрямок використання:	ШУБ є формалізованим блоком, що впорядковує порядок видачі, обробки та отримання виробничої інформації.
	ШУБ підвищують швидкість логістики даних, точність їхнього надання, тим самим зменшуючи витрати на здійснення комунікацій.
Управлінський напрямок використання:	ШУБ формується під впливом організаційної структури будівництва.
	ШУБ є елементом бізнес-моделі будівництва.
	ШУБ використовується для видачі завдань та контролю виробництва.
Архітектурно-конструктивний напрямок використання:	ШУБ скорочує трудовитрати на зміни та узгодження проєктних рішень, підвищує їхню наочність.
	ШУБ дозволяє оцінювати та підвищувати технічну, економічну та екологічну ефективність архітектурно-будівельних рішень.
Технологічний напрямок використання:	ШУБ формалізує: спосіб виробництва, ресурси, необхідні для створення продукції; вимоги до початку, результату, культурі виробництва.
	ШУБ дозволяє оцінювати та підвищувати технічну, економічну та екологічну ефективність технологій, що використовуються.
Експлуатаційний напрямок використання:	ШУБ показує основні експлуатаційні показники продукту інвестиційно-будівельної діяльності.
	ШУБ слугує основою експлуатаційної моделі об'єкта.
	ШУБ дозволяє оцінювати та підвищувати енергоефективність будівництва.

Рис. 4.3 Використання концепції «шаблон управління будівництвом»

Ефективність цієї концепції складається з наступного.

З точки зору комунікацій, попередня заготовка інформаційних блоків ШУБ полегшує створення інформаційно-комунікаційних моделей. За рахунок уніфікованих блоків інформації зменшується вірогідність спотворення даних при

їхній передачі. Це, в свою чергу, дозволяє організувати більш точні та швидкі комунікації, а також змістити контрольну точку на найбільш ранній час.

З управлінської точки зору, ШУБ дозволяє формалізувати операційну складову бізнес-моделі. За рахунок цієї формалізації знижується необхідність концентруватися на адмініструванні та організації виробництва. Через це підвищується якість управління та з'являється можливість приділити більше уваги лідерству та стратегії, неформальним факторам управління.

З архітектурно-конструктивної точки зору використання ШУБ включає усі переваги використання будівельного інформаційного моделювання, з технологічної – використання принципів наукової організації праці і управління.

З експлуатаційної точки зору поєднання архітектурно-конструктивної та технологічної складової дозволяє розраховувати ефективність інвестиційно-будівельної діяльності за весь час життєвого циклу будівлі на основі комплексної моделі – сукупності ШУБ.

Більш детально ознайомитися з сучасними інформаційно-комунікаційними технологіями (зокрема з ШУБ) можливо в [19].

Контрольні питання по розділу 4.

1. Які переваги та недоліки традиційної концепції взаємодії в будівництві?
2. Як взаємозв'язок між організаційною структурою підприємства та його інформаційним середовищем впливає на впровадження інформаційних засобів?
3. Які показники важливо фіксувати під час динамічних змін організаційної структури та інформаційного середовища підприємства?
4. Що таке шаблон управління будівництвом (ШУБ) і яку роль він відіграє у бізнес-моделюванні інвестиційно-будівельного процесу?
5. Які основні напрямки використання концепції ШУБ у будівництві та як це сприяє підвищенню ефективності проєкту?

РОЗДІЛ 5. ВИКОРИСТАННЯ СЕРЕРОДОВИЩА СПІЛЬНИХ ДАНИХ ТА ВІДКРИТИХ ФОРМАТІВ ДАНИХ (CDE ТА OPENBIM)

Протягом життєвого циклу активу існує безперервний потік інформації. *Єдине інформаційне середовище (CDE, Common Data Environment, Середовище спільних даних)* збирає, контролює, управляє і розділяє цю інформацію (в ISO 19650 вона має назву «метадані») всюди [13].

CDE – це погоджене сторонами джерело інформації для будь-якого конкретного проєкту або активу, для збирання, управління та поширення кожного інформаційного контейнера за допомогою керованого процесу [13].

CDE – узгоджене джерело інформації для будь-якого проєкту або об’єкту для збору, управління та поширення кожного інформаційного контейнера (даних) за допомогою керованого процесу. Термін CDE може одночасно розглядатись і як набір певних стандартів та протоколів, що регламентують способи організації, зберігання та найменування різних інформаційних контейнерів (даних), описують процеси їхнього обміну та циркуляції, а також і як певні програмні рішення, що забезпечують технічну реалізацію таких процесів [6].

CDE – це система управління даними та інформацією. CDE – це не просто «база даних» на веб- або хмарній основі. Вона містить необхідні процеси та правила, щоб переконатися, що люди працюють або використовують поточну версію файлу чи моделі та повідомляють їм, для чого вони можуть використовуватися. Ці процеси були чітко визначені та керовані в паперовій системі подачі документів, але із прийняттям нових електронних технологій та масовим збільшенням кількості даних, що створюються під час типових будівельних проєктів, потреба в якісному управлінні була випущена з уваги і старі системи не було замінено [3].

Принципи CDE добре визначені та описані. Вони отримані із добре опрацьованої методології управління проєктами та також внесені поправки з метою задоволення конкретних потреб будівельних проєктів. У багатьох електронних

системах управління даними впроваджено стандартний робочий механізм, що дозволяє ефективно налаштувати та адмініструвати процес [3].

Співпраця між учасниками будівельних проєктів та управління активами має вирішальне значення для ефективної реалізації та експлуатації об'єктів. Організації все активніше працюють у нових середовищах для досягнення вищих стандартів якості та більшого використання наявних знань та досвіду. Основним компонентом цих середовищ є можливість ефективного спілкування, повторного використання та обміну даними без втрат, суперечностей чи неправильних тлумачень. Цей підхід не потребує додаткової роботи, оскільки ця інформація завжди вимагається для отримання. Однак справжня спільна робота вимагає взаєморозуміння та довіри в колективі та більш глибокого рівня стандартизованого процесу, ніж це було раніше; ця інформація повинна вироблятися та надаватися у розпорядження послідовно та своєчасно. Вимоги до інформації повинні сходити «зверху вниз» до того моменту, поки інформація не стане найефективнішою. Коли вона піднімається вгору (зворотній напрямок) – інформація повинна бути максимально зібрана (повна). В даний час щорічно витрачаються значні ресурси на виправлення нестандартних даних, підготовку нового персоналу у затверджених методиках створення даних, координацію зусиль підрядних груп та вирішення проблем, пов'язаних із відтворенням даних. Це вважається марнотратством і воно може бути зменшено, якщо концепції та принципи CDE будуть прийняті на загальних засіданнях [3].

Управління інформацією протягом життєвого циклу через загальне інформаційне середовище – частина 1 ДСТУ ISO 19650 [13].

Перехід від реалізації проєктів на основі файлів до реалізації проєктів на основі моделей призвів до зміни методології роботи і моделей взаємодії між її учасниками. Моделі в 10–100 разів більші, ніж попередні файли моделей, і розрахунки виконують безпосередньо в моделях. Це призвело до появи нових вимог щодо місткості сховища, загального доступу до файлів і можливостей обліку. Вимоги до інфраструктури, апаратного та програмного забезпечення значно зростають, і постачальники програмного забезпечення змінили свої

стратегії, щоб відповідати цим новим вимогам. Хмарні рішення збільшують місткість сховища, поширюють програмне забезпечення та бази даних (дані про погоду і клімат, інтернет речей тощо) і взаємодіють з проєктами в кількох компаніях без необхідності їх відкриття [13].

Хмарні додатки належать постачальникам програмного забезпечення і тісно пов'язані з їх платформою. Отже, кількість місць зберігання даних збільшується разом з кількістю додатків і їх хмарних рішень, що використовуються в проєкті. Не кожна програма є гнучкою в аспекті форматів, на використання яких постачальники не мають права власності, і для багатьох рішень неможливо використовувати сховища, які вони не можуть повністю контролювати. Допомогти запобігти зазначеній проблемі здатен відкритий формат для CDE, використання відкритих стандартів і пов'язаних інформаційних додатків на основі міжнародних відкритих стандартів, через відкриті доступні «платформи», забезпечуючи безпеку і захист даних, а також захист від неправильного використання даних [13].

Комунікація та управління процесами з головним підрядником, замовником та субпідрядниками здійснюється через CDE. Під час управління проєктуванням моделі аналізуються у порівнянні з проєктами, які будуть реалізовані у виробничому процесі. При цьому обирається відповідне проєктне рішення. Інформація про моделі та креслення поширюється та затверджується в цифровому вигляді. Кількісна інформація витягується з BIM-моделей для управління витратами. Дотримуючись графіку проєкту шляхом інтеграції моделі з робочою програмою, логістичне планування майданчика, розташування будівлі та її оточення, а також пов'язані з нею споруди додаються щотижня і відображаються у звітах разом з розробленими BIM-моделями. Таким чином здійснюється короткостроковий і довгостроковий аналіз часу та ризиків. Крім того, замовнику надається інформація про планування та хід реалізації будівельного проєкту. Це забезпечує ефективний доступ до даних проєкту та їхню доступність для проєктувальників і учасників будівництва [12].

Той факт, що його можна переглянути, створює додаткову цінність з точки зору підвищення ситуаційної обізнаності в проєктному потоці, а також зменшення

збоїв і ризиків. Зацікавлені сторони проєкту використовують гібридну хмарну систему управління файлами для роботи з файлами, в той час як хмарне CDE використовується для обміну інформацією та процесів [12].

Комунікація та обмін даними в проєкті є складним і заплутаним процесом, а це означає, що він має бути дуже структурованим. Неконтрольовані електронні листи та обмін файлами між учасниками проєкту можуть швидко стати хаотичними і не відстежуваними. Це не просто питання чистоти. На етапі адміністрування контракту втрата важливого повідомлення або посилання на застарілий план може означати втрату часу, додаткові витрати і, в гіршому випадку, може призвести до судового розгляду [12].

На ранніх стадіях проєкту комунікація може відбуватися між невеликою групою організацій: власником, керівником проєкту та проєктною або будівельною компанією. З розвитком проєкту і приєднанням до команди спеціалістів-консультантів комунікаційна мережа стає дедалі складнішою і громіздкішою [12].

Навіть за наявності системи документообігу в різних офісах все одно відбувається багато дублювання, оскільки документи завантажуються на локальні сервери і з ними працюють звідти. У будь-якому випадку, електронна пошта та сервери моделей є паралельними доменами, які зазвичай не пов’язані з центральною системою документообігу [12].

Наявність централізованої віртуальної проєктної кімнати може вирішити багато проблем комунікації та обміну даними. Так зване CDE - це спільний домен проєкту, який керує обміном інформацією, а іноді за його допомогою виконується керування організацією [12].

«OpenBIM» – «Відкритий BIM» – це підхід до обміну даних на основі відкритих стандартів та робочих процесів. OpenBIM є ініціативою buildingSMART і декількох провідних виробників програмного забезпечення з використанням відкритої моделі даних buildingSMART. На сьогоднішній день існує декілька відкритих форматів, що розробляються buildingSMART (у тому числі і IFC, BCF, COBie та ін.) [6].

Концепція «OpenBIM» – підхід, що передбачає використання відкритих форматів та протоколів, найбільш придатним та широковживаним з яких є формат IFC. Цей формат має відкриту специфікацію, яка не контролюється жодним вендором (розробником програмного забезпечення), проте фактично всі 44 програмні комплекси мають можливості для оперування цим форматом – іншими словами, підтримують його структуру, мають можливості експорту та імпорту даних в формат IFC. З іншого боку, внаслідок орієнтації на універсальність використання ймовірне виникнення розбіжності в інтерпретації даних в різних програмних середовищах, складнощі їхньої передачі, повільніші темпи в підтримці та реалізації нових технологій та стандартів [6].

Використання підходу OpenBIM у проєкті було великою перевагою. Робота з OpenBIM дозволила використовувати сильні сторони різних програмних рішень. Хоча управління процесом BIM збільшило часові рамки проєкту в порівнянні з традиційними методами, воно значно прискорило реалізацію на місці, коли справа дійшла до етапу будівництва, мінімізувало протиріччя і дозволило досягти значної економії коштів [12].

У кожному OpenBIM-проєкті є власні робочі середовища. Кожна команда проєктувальників працює у власному програмному забезпеченні, перш ніж зробити дані доступними в середовищі спільної роботи. Часто командам проєктувальників і будівельників необхідно виконувати кількісні розрахунки в рідному середовищі. Це, як правило, більш простий, легкий і контрольований процес, ніж альтернатива OpenBIM [12].

У світі BIM найбільш визнаним стандартом відкритого обміну є формат *IFC (Industry Foundation Classes, відкритий формат обміну даними для BIM, класи базових даних індустрії)*. Хоча це надмірне спрощення, можна сказати, що IFC - це PDF-файл BIM. IFC - це копія оригінальної моделі, з деякими обмеженнями. Схема IFC містить геометрію і властивості об’єктів, але вона не призначена для редагування. Вона призначена насамперед для візуалізації, аналізу та координації. Замість того, щоб редагувати геометрію моделі у файлі IFC, необхідно запросити зміни у автора моделі. Як і в описаному вище документообігу, автор моделі вносить

запитувану зміну в нативну модель і повторно відредагує модель як новий IFC (рис. 5.1).

OpenBIM відноситься до спільних процесів (тобто обміну даними) з використанням нейтральних і загальнодоступних стандартів, таких як IFC (Industry Foundation Classes) і BCF (BIM Collaboration Format, формат взаємодії в BIM) [12].

Термін «OpenBIM» існує для того, щоб відрізняти його від пропрієтарних комерційних рішень, тобто закритого BIM. Ця відмінність важлива, але іноді призводить до непорозумінь. Справа в тому, що працювати в суто відкритому середовищі неможливо. Дані моделі майже виключно створюються за допомогою власного авторського програмного забезпечення, а потім обмінюються за допомогою відкритого стандарту [12].

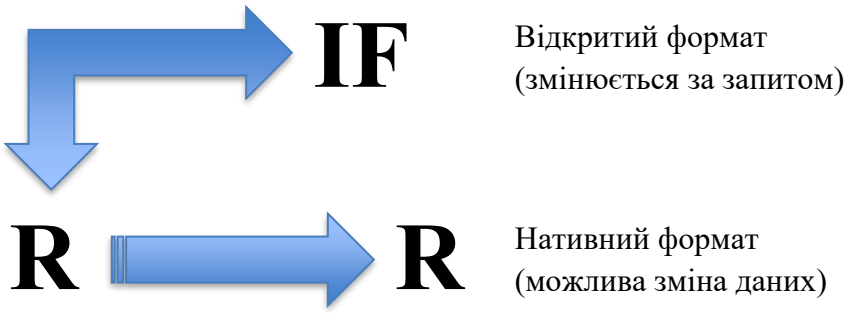


Рис. 5.1 Робочий процес BIM від створення до обміну за допомогою OpenBIM

Говорити про те, що моделювання є закритим BIM-процесом, здебільшого обмежує і вводить в оману. На будь-якому етапі проєкту можна експортувати та обмінюватися IFC-файлами, таким чином ініціюючи відкритий BIM-процес. Роботу в пропрієтарному програмному забезпеченні доцільніше називати нативним BIM-процесом. Якщо відбувається обмін IFC (або іншими стандартами OpenBIM) (рис. 5.2), то моделювання є власне BIM-діяльністю в ширшому робочому процесі OpenBIM. Лише у випадках, коли стандарти OpenBIM навмисно виключені, слід говорити про закритий робочий процес BIM [12].

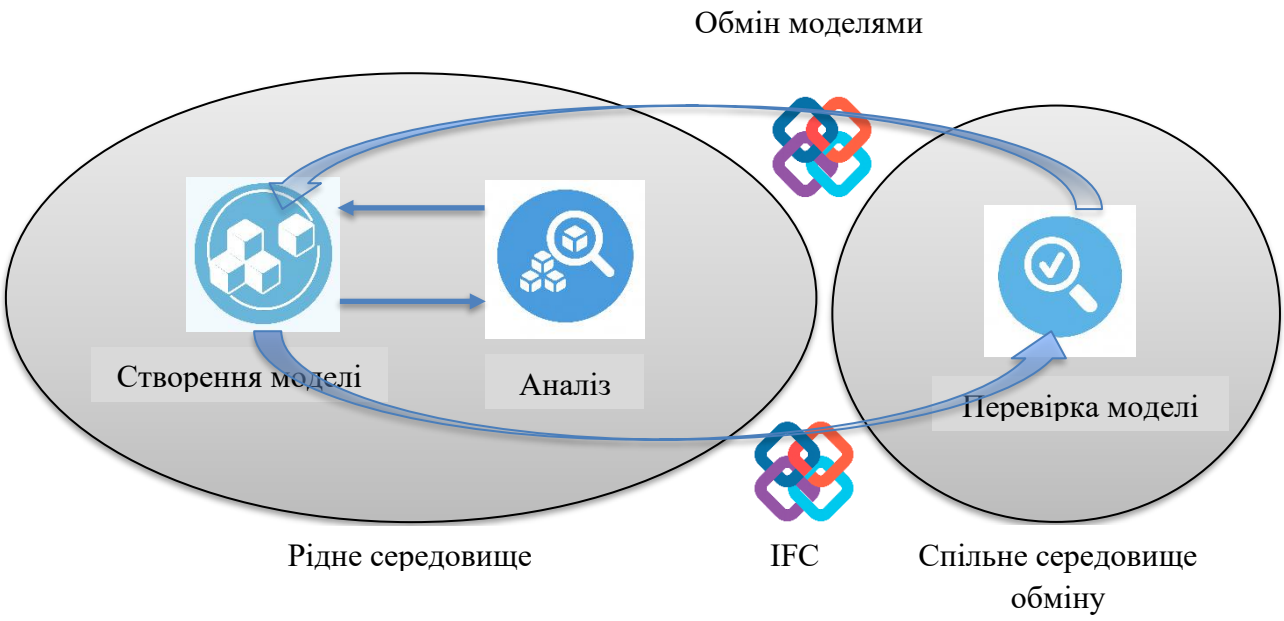


Рис. 5.2 Робочі процеси BIM, власні та відкриті

Контрольні питання за розділом 5.

1. Яку роль відіграє CDE у забезпеченні цілісності даних і ефективної взаємодії між учасниками будівельного проєкту?
2. Як застосування OpenBIM-стандартів сприяє обміну даними між різними програмними середовищами у BIM-процесах?
3. У чому полягають ключові переваги використання хмарних платформ CDE порівняно з традиційними методами документообігу?
4. Які основні виклики виникають при впровадженні CDE в міждисциплінарні команди і як їх можна подолати?
5. Як впливає впровадження OpenBIM на прозорість, контроль версій і відповідальність у BIM-проєктах?

РОЗДІЛ 6. ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПРИ УПРАВЛІННІ ПРОЄКТАМИ З ЗАСТОСУВАННЯМ BIM

Програмне забезпечення 3D і BIM, що постійно вдосконалюється, може виконувати завдання, пов’язані з:

- управлінням документообігом, охоплюючи ревізійний контроль;
- робочим процесом, журналами обліку, журналами аудиту, контролем виконання, контролем витрат;
- підключенням до корпоративних систем, наприклад щодо фінансових даних;
- проєктною взаємодією, наприклад обмін інформацією через електронну пошту, pdf-файли тощо;
- BIM-інструментами, такими як глядачі, виявлення конфліктів та перевірка коду тощо (також підтримує зв’язок між зацікавленими сторонами);
- актуальними інформаційними розрахунками;
- додаванням окремої графічної та неграфічної інформації;
- технічним обслуговуванням та управлінням об’єктами [13].

Надалі розглянуто приклади програмних засобів, які застосовуються для реалізації деяких функцій з зазначеного вище переліку. А саме, функціоналу, спрямованого на забезпечення реалізації управління проєктами з застосуванням BIM.

6.1. Основні функції та можливості програмних комплексів з управління проєктами

Кошторисні програмні комплекси можуть доповнювати чи частково реалізовувати функції управління організацією будівельного виробництва. Зокрема, це:

- формування тендерної документації;
- взаємодія з програмними комплексами з управління проєктами або підприємствами;

- календарне планування та інші функції.

Розглянуто функціонал 7 основних кошторисних програмних комплексів (табл. 6.1) [21-29], що використовують в Україні.

Таблиця 6.1

Загальні характеристики кошторисних програмних комплексів в Україні

Найменування програмного комплексу для складання кошторисних розрахунків	Візуалізація ходу виконання будівельно-монтажних робіт	Додаткові можливості кошторисних програм
АВК-5	*через формат ІБД*	***Кошторисні програми, які доповнюють чи частково реалізують функції управління будівельним виробництвом*** *(формування тендерної документації, взаємодія з програмними комплексами з управління проєктами або підприємствами, календарне планування та ін.)*
АС-4	*безпосередньо у програмі та через формат ІБД*	
ІВК	*через формат ІБД*	
Кошторис XXI	*через формат ІБД*	
Будівельні технології: кошторис 8	*через формат ІБД*	
ТК-ІССП	*через формат ІБД*	
Експерт-кошторис	*через формат ІБД*	

У розглянутих кошторисних та інтегрованих з ними програмах календарне планування для управління будівництвом реалізується на основі єдиного формату кошторисних даних, прийнятого в Україні «ІБД» (Інформаційний блок даних) [21-29].

Цей формат дозволяє експортувати дані з однієї кошторисної програми в іншу, а також в програми з управління проєктами, такі, як наприклад, MS Project, Primavera P6, OpenProj.

Деякі кошторисні програми дозволяють обмінюватися інформацією із системами управління підприємством, виконувати календарне планування будівельно-монтажних робіт.

Програмний комплекс *АВК-5* на основі формату даних *«ІБД»* дозволяє наступне [22-24].

1) Сформувати кошторисну та договірну документацію.
2) Здійснювати обмін інформацією з іншими програмними комплексами, які використовують формат даних ІБД.
3) Взаємодіяти з бухгалтерськими програмними комплексами (облік фактичної витрати товарно-матеріальних цінностей та фактичної собівартості виконаних робіт).
4) На базі інтеграції з програмними комплексами з управління проєктами (MS Project, Primavera P6 та інші) виконувати побудову графіків.

Ідентичні функції виконують і програмні комплекси *Експерт-кошторис, ІВК та ТК ІССІІ* [25, 29].

ІВК набув меншої популярності у зв’язку з його складністю. Відмінні особливості ТК ІССІІ: можливість складання кошторисів не тільки за ДСТУ, але й Єврокодами (Європейським стандартам) [26, 29].

Програмні комплекси для керування проєктами – це цифрові платформи, які можуть використовуватись для планування, виконання та моніторингу проєктів. При правильному його застосуванні можна реалізовувати проєкти у межах бюджету та обмежень у часі.

Програмні комплекси з управління проєктами допомагають керівникам проєктів та їх командам виконувати вимоги інвесторів та/або замовників та керувати обмеженнями за часом, бюджетом та обсягом робіт.

Програмних комплексів з управління проєктами на ринку безліч. Далі розглянуто деякі з них. Традиційні програмні комплекси, основною метою яких є планування реалізації будівельних проєктів наведено в таблиці 6.2 [30-34].

Таблиця 6.2

Загальні характеристики традиційних програмних комплексів з управління проєктами

Основний функціонал	Найменування ПК
Календарне планування, розподіл та керування ресурсами проєктів	*Primavera P6*
	Microsoft Project
	Openproj
	Gantt Project

Microsoft Project (MS Project) – одна з найпопулярніших та найпоширеніших програм з управління проєктами [31].

Менеджери за допомогою MS Project можуть контролювати виконання поставлених завдань та грамотно розподіляти ресурси проєкту [32].

Функціонал Microsoft Project дозволяє наступне.

1) Скласти план виконання будівельного проєкту (включаючи графік виконання проєкту та розрахунок критичного шляху, ув'язування завдань, прив'язку потреби в ресурсах, фінансах та їх розподіл у часі.
2) Оптимізувати план проєкту та виконувати його моніторинг (коригування складу ресурсів проєкту та їх оптимальний розподіл, схем фінансування, резервів проєкту, термінів виконання завдань).
3) Визначити проблемні завдання проєкту.
4) Створювати шаблони проєктів.
5) Аналіз поточного стану та перспектив розвитку проєкту за допомогою звітів.
6) Можливість синхронізації із системою Office 365, за допомогою якої можна миттєво розподіляти всю інформацію між учасниками.
7) Моделювати будь-які можливі рішення (заміна механізмів, зміни схеми постачання) та аналізувати їх вплив на проєкт. Що, надалі, дозволяє приймати більш обґрунтовані рішення щодо виконання проєкту [31, 32].

Популярність MS Project пояснюється низкою незаперечних наступних переваг.

1) Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс та простота в освоєнні.
2) Гнучкість у налаштуванні програми під конкретні потреби.
3) Простий та ефективний аналіз графіків та управління ними.
4) Інтерактивний помічник покрокового планування, що дозволяє швидко освоїти процеси управління проєктами.
5) Багатий набір вбудованих довідкових матеріалів, призначених як для новачків, так і для фахівців з УП [31, 32].

ПК Primavera P6 дозволяє створити середовище взаємодії всім учасників проєкту. Працюючи у цьому середовищі, учасники проєктів отримують інформацію щодо проєктів, у яких вони задіяні. Кожен із учасників може бути впевнений, що той внесок, який він робить у спільну справу управління проєктами, не залишиться непоміченим і інформацію обов'язково буде отримано тим, кому вона призначена [33, 34].

ПК Primavera P6 – це потужний та надійний засіб для планування, виконання та управління проєктами. Продукт дозволяє керувати будівельними проєктами будь-якого розміру і будь-якої складності, і пропонує необмежену кількість ресурсів без обмежень на кількість планів, що складаються [33].

Primavera P6 має дуже широкий спектр функціональних можливостей у зв'язку з наявністю різних видів програмного комплексу:

- планування, складання графіків та контроль великомасштабних програм та індивідуальних проєктів;
- можливість підключення багатьох користувачів к доступу до системи;
- можливості спільної роботи проєктних менеджерів з координування витрат;
- одночасне відкриття та планування кількох проєктів;
- можливість автоматичного ув'язування інформації за договорами та постачанням ресурсів з календарними графіками;
- автоматизація документообігу між організаціями (погодження документів, отримання дозвільної документації, запити, кореспонденція та ін.), а також

оперативна звітність від підрядників з місць про стан майданчика, погодні умови тощо;

- можливість реалізації оптимального розподілу ресурсів та відстеження поточного виконання проєкту;
- можливість реалізації інтеграції з системами управління витратами та людськими ресурсами;
- наявність управління портфелем проєкту: можливість одночасно керувати кількома проєктами в портфелі;
- можливість управляти ризиками: виявлення, відстеження та усунення ризиків до того, як вони стануть проблемами;
- можливість формування звітів (споживання ресурсів, виконання графіка, стан учасників та ін.) в режимі реального часу [33, 34].

Переваги і недоліки Primavera P6.

Переваги:

- учасники можуть спільно використовувати інформацію та коригувати проєкт зі смартфонів та планшетів;
- можливість спільної роботи проєктних менеджерів з координування витрат;
- можливість організації проєктів, що містять до 100 000 робіт;
- формування звітів у режимі реального часу, які можуть надаватися на запит або розклад.

Недоліки:

- один із головних недоліків і низької поширеності ПК Primavera P6 на вітчизняному ринку – високі витрати на її використання (3-12 тис. грн. на рік), трудомісткість та складність освоєння інтерфейсу програми (потребує залучення кваліфікованих фахівців);
- громіздкість програми для невеликих та простих проєктів [33, 34].

OpenProj ma Gantt Project є відкритою безкоштовною заміною комерційного продукту. Ці ПК є дуже простими та включають тільки «базові» функції програм з УП: побудова діаграми Ганта, розподілу ресурсів та деяких звітів.

Недоліки більшості платних ПК з УП.

1) Невиправдано висока трудомісткість при використанні у невеликих проєктах.
2) Значні фінансові витрати на придбання або тимчасове користування.
3) Деякі функції, наприклад, суміщеність, взаємоув'язку робіт необхідно проставляти вручну.

Недоліки безкоштовних ПК з УП.

1) Обмежений функціонал.
2) Обмеженість розв'язуваних завдань.
3) Складності чи неможливість використання великих проєктів.
4) Деякі функції, наприклад, суміщеність, взаємозв'язку робіт необхідно проставляти вручну.

6.2. Основні функції та можливості програмних комплексів, які використовуються для створення нових рівнів BIM. Використання хмарних середовищ

Інформаційне моделювання у будівництві (BIM, Building Information Modeling) – парадигма будівельної діяльності, при якій всі етапи будівельного процесу проводяться з використанням єдиної інформаційної моделі об'єкта, що включає всі види необхідної інформації (проєктно-кошторисна документація, графік виконання робіт, управління поставками, бухгалтерський облік тощо) [2, 6, 12].

BIM передбачає створення та використання інформаційної моделі будівельного проєкту. При використанні BIM внесені зміни в більшості ПК синхронізуються автоматично.

Ефективність застосування BIM, в тому числі в організації будівництва, може полягати в можливостях:

- пошуку найбільш раціонального управлінського, конструкторського рішення на етапі планування чи реалізації будівельного проєкту;

- мінімізації ризиків, термінів проєкту та витрат за рахунок своєчасного виявлення та усунення помилок управлінського, технологічного та фінансового характеру;
- здійснення ефективного (оперативного) авторського та технічного нагляду;
- підвищення рівня та якості комунікації з інвестором за допомогою яскравого та наочного відображення ходу реалізації будівельного проєкту за допомогою 4D моделювання;
- ефективно експлуатувати ці споруди після зведення або реконструкції шляхом налагодження автоматизованих систем управління, засобів технічного моніторингу.

На даний момент ПК по BIM дозволяє реалізовувати такі види моделей (рис. 6.1):

- *3D модель будівлі*, що дозволяє здійснювати контроль проєктної документації;
- *4D (управління технологічним процесом будівництва) модель будівлі* – це 3D-модель об'єкта, що розглядається не тільки у просторі, але й у часі (календарний графік прив'язується до елементів 3D-моделі). Можливо навіть дивитися анімаційний процес поетапного будівництва або відеоролик;
- *5D (управління вартістю) модель будівлі* аналогічна 4D моделі: доповнена прив'язкою вартості елементів об'єкта, ресурсів та/або робіт (вартості продукту);
- *6D, 7D…. (експлуатаційна модель будівлі)* – крім будівельної моделі, наповнюється даними для процесу обслуговування та експлуатації будівлі за принципом «розумний будинок» (моніторинг та обслуговування комунікацій, розрахунок витрат на утримання будівлі та ін.). Або це – прив'язка до інших аспектів управління проєктами (графіки поставок, виробництва будматеріалів та ін.).

4D, 5D, 6D …. моделі допомагають покращити процес організації та управління будівництвом й експлуатацією будівлі [6, 12, 35].

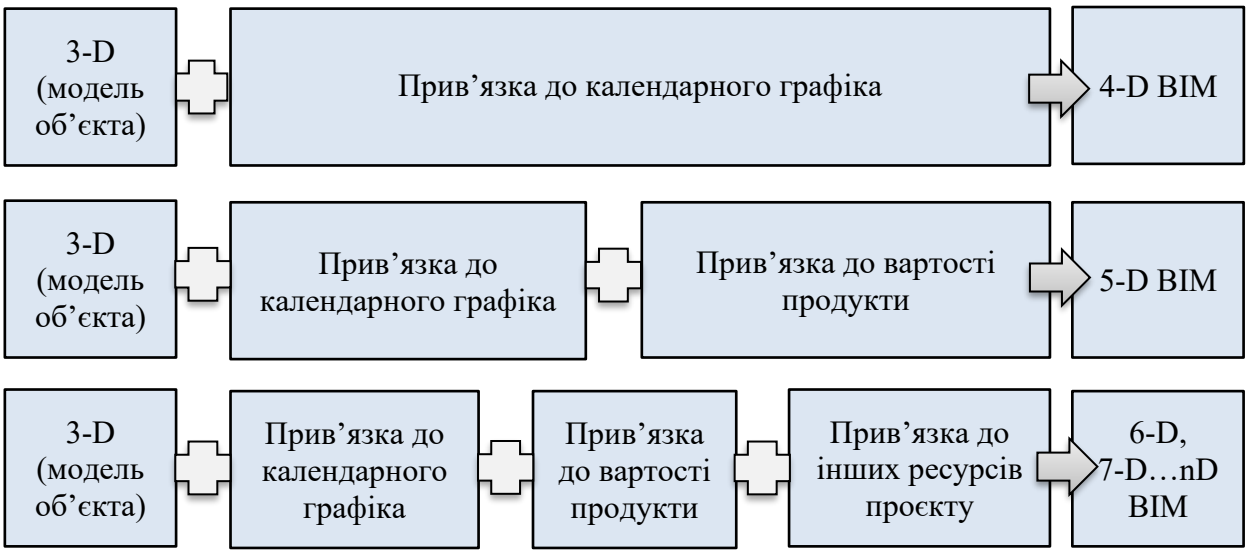


Рис. 6.1 Концепція утворення «нових вимірів» будівельних інформаційних моделей

Далі наведено аналіз деяких програм (табл. 6.3), що використовуються для створення нових вимірів BIM та взаємодії стейкхолдерів при роботі за BIM (BIM-хмари) [35-39]. Вони мають, крім іншого, функціонал з управління проєктами.

Таблиця 6.3

Загальні характеристики програмних комплексів, що використовуються для створення нових вимірів BIM

Назва програми	**Побудова архітектурно-конструктивних моделей**	**Управління проєктами**	**Кошториси**	**Інтеграція з іншим ПК**	**Можливість управління підприємством/виробництвом**	**Додаткові (або унікальні) можливості**
Allplan	+	+	+	Кошторисні системи; SCAD та ЛІРА	частково	-
Комплекс BIM-програм компанії Autodesk	+	+	-	Комплекс програм взаємодіє один з одним	-	Екологічний аналіз об'єкту. Побудова 4D моделей
Комплекс програм фірми Bentley Systems	+	+	-	MS Project, Primavera P3/P6, Revit, AutoCAD,	-	Звіти про перебіг проєктних робіт. Побудова та моніторинг

				CATIA, ProEngineerта ін.; взаємодія один з одним		5D-6D моделей
Graphisoft ArchiCAD	-	+	-	ArchiCAD	частково	BIM модель зберігатиметься на сервері Graphisoft; Технологія TeamWork; Енергетичні розрахунки будівлі

Модуль Allplan BIMplus є централізованою відкритою BIM-платформою для будівельного проєкту. Платформа взаємодії Allplan Bimplus дозволяє комплексну та ефективну координацію дій проєктних команд, підрядників, а також забезпечує повний нагляд за BIM-моделлю. Завдяки Bimplus можна швидко виявити неточності проєкту, а потім оперативно розподілити завдання між співробітниками та партнерами, які беруть участь у проєкті [36].

Bimplus надає можливість збереження, спільного використання та візуалізації напрацьованої в організації будівельної інформації. Bimplus є хмарним сервісом для кожного фахівця, включеного у команду проєкту, в тому числі, у процес проєктування, конструювання чи керування об’єктами. Він об’єднує всю інформацію щодо конкретного об’єкта, надаючи засоби для візуалізації, спільного використання та взаємодії з моделями 3D об’єктів та 2D кресленнями з будь-якої точки земної кулі, у будь-який час доби за допомогою планшета, ноутбука чи комп’ютера [36].

Bimplus покращує та прискорює взаємодію з власниками, менеджерами чи підрядниками, гарантуючи не суперечливість інформації для всіх учасників процесу.

ПК Navisworks – координація, складання в єдине ціле та перевірка на узгодженість усіх частин проєкту, створених у різних програмах [37]. Крім цього, можлива візуалізація процесу будівництва у вигляді 4D моделі.

Під час роботи над проєктом інформація може швидко передаватися з однієї програми до іншої (наприклад з Revit в Navisworks). Отже універсальні фахівці отримують хороший інструментарій для самостійної роботи з його складними розділами. За допомогою Navisworks також вирішуються завдання організації будівельного виробництва об'єкта [37].

Основна задача Navisworks – інтеграція та спільний аналіз різних (виконаних у різних програмах, наприклад за допомогою ПК Revit) частин проєкту. На цій (об'єднавчій) стадії виявляються помилки та нестикування, обмін проєктними даними між учасниками роботи, а також деякі спільні дії над проєктом цілком (наприклад, візуалізація) [37].

Засобами програми Navisworks створюються 4D моделі (рис. 6.2) (відстеження у просторі з дотриманням часового режиму) процесу зведення будівлі та логістики, що наочно відображають хід виконання проєкту та допомагають уникнути накладок і простоїв, що дозволяють оцінити практичну реалізацію зведення, відновлення або зносу будівлі або її окремих частин [37].

Слід зауважити, що 4D модель в Navisworks не є інтерактивною (динамічною). Її редагування безпосередньо у Navisworks обмежене. Будь-яке істотне редагування графіка (прив'язаного до 3D моделі в Navisworks) виконується в зовнішньому ПК (наприклад, в MS Project). Після цього відредагований графік виконання будівельного проєкту заново імпортується в Navisworks та повторно прив'язується до 3D моделі.

Програма складається із трьох модулів.

1) Navisworks Manage – розрахунок, моделювання та координація проєктних даних, перевірка на перетини та колізії.
2) Navisworks Simulate – комплексна 4D симуляція, анімація та отримання фотореалістичних зображень зібраного докупи проєкту, навігація в реальному часі у поєднанні із засобами перевірки моделі.
3) Navisworks Freedom – програма перегляду, що безкоштовно поставляється, що дозволяє обмінюватися даними з усіма учасниками проєкту [37].

ПК Synchro Pro від Bentley Systems дозволяє створювати та змінювати багатовимірні BIM [38].

Переваги комплексу програм від Bentley Systems у порівнянні з традиційними програмними комплексами з УП наступні.

1) Асоціативність між архітектурними елементами для швидких змін у проєкті.
2) Огляд та керування колізіями в багатофайлових документах за допомогою Bentley Interference Manager.
3) Формування звітів про хід проєктних робіт за допомогою Bentley Navigator та додатків для управління проєктами, таких як Microsoft Project або Primavera P3.

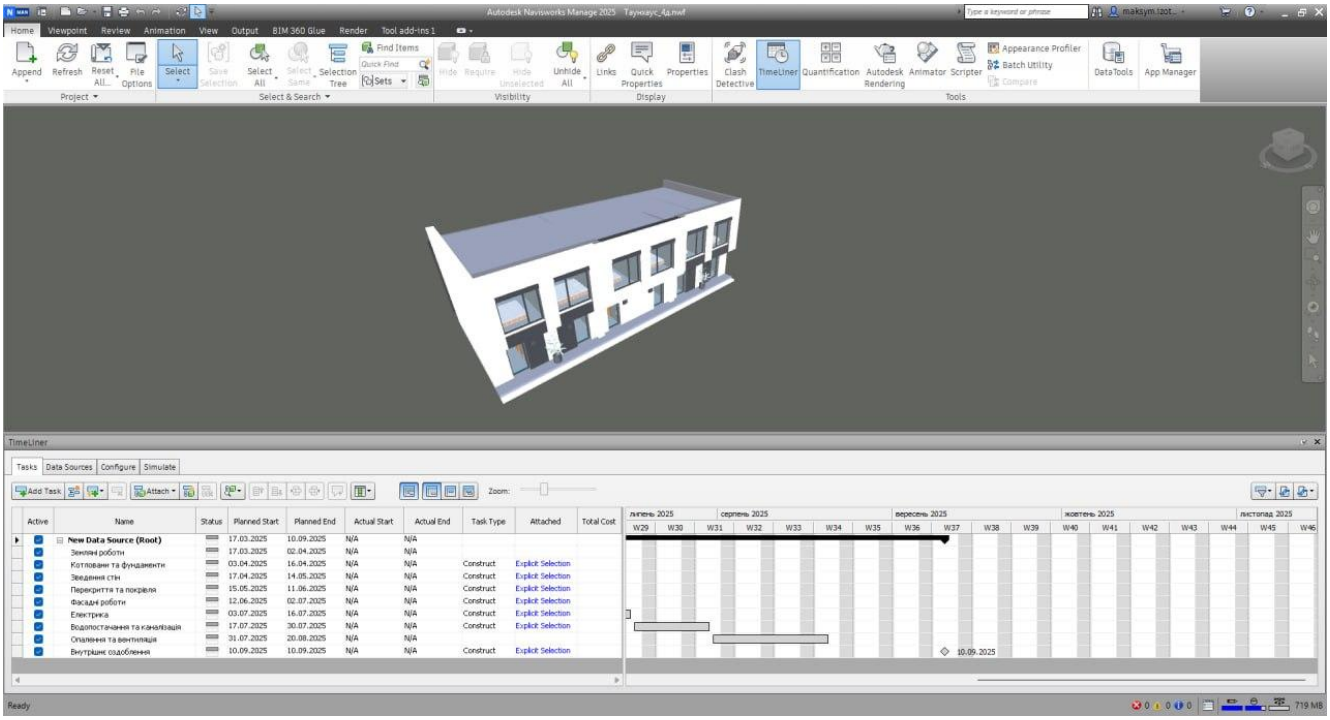


Рис. 6.2 Приклад відображення фрагменту анімації 4D моделі зведення будівлі в ПК Navisworks

Недоліки комплексу програм від Bentley Systems наступні.

1) Необхідність придбання низки програм для інтегрованих проєктів (як правило, вони здійснюються великими архітектурно-будівельними компаніями).
2) Значна вартість ПК.

Synchro Pro - це середовище, що об’єднує в собі рішення щодо ув’язування ресурсів проєкту (у тому числі тимчасових) та 3-D моделі об’єктів [38].

Основні завдання, які вирішуються за допомогою Synchro Pro наступні.

1) Наочне порівняння різноманітних варіантів організаційно-технологічних рішень, і навіть порівняння їх із фактичним планом.
2) Візуалізація потокового проєктування.
3) Перевірка на наявність просторово-часових колізій [38].

На стадії будівництва Synchro Pro дозволяє швидко орієнтуватися в проєкті, зрозуміти, в якому статусі знаходиться проєкт і порівняти з тим, що є на даний момент.

4D модель створюється за допомогою прив’язки елементів 3D моделі об’єкта до календарного графіка. Керівнику проєкту набагато простіше аналізувати 4D модель, ніж календарно-мережевий графік [35, 38]. Тому що, 4D модель – це анімація процесу будівництва від паркану до здачі в експлуатацію.

На відміну від ПК Navisworks в Synchro Pro 4D модель є інтерактивною (динамічною). 4D модель в Synchro Pro можливо активно змінювати та оптимізувати. Тобто в Synchro Pro 4D модель – живий інструмент планування. Ключова риса Synchro Pro – можливість повноцінного редагування графіка прямо в середовищі 4D-моделі, без необхідності щоразу експортувати/імпортувати зміни.

Крім 4D моделі, Synchro Pro має можливість створювати 5D та/або 6D моделі. Це дозволяє вносити зміни, здійснювати моніторинг, а також проводити ув’язування 4D моделі з витратами та графіками поставки матеріалів [35, 38].

Переваги Synchro Pro наступні.

1) Можливість оптимізації процесу планування проєкту, наочно показуючи будівельний процес.
2) Працює з безліччю форматів 3D моделей та програм-планувальників.
3) Можливість зміни та оптимізації 4D моделі в процесі реалізації будівельного проєкту.

Недоліки Synchro Pro наступні.

1) Програма має певну кількість недоробок через брак тестування користувачами.
2) Висока ціна (близько 4500 $/рік).
3) Високі вимоги до системи.

Концепція роботи Synchro Pro зображена на рисунку 6.3. З додаванням кошторисних та інших програм (врахування вартості продукту) можна зробити і 5D, але це додаткові витрати. На рисунку видно необхідність придбання цілої низки програм [38].

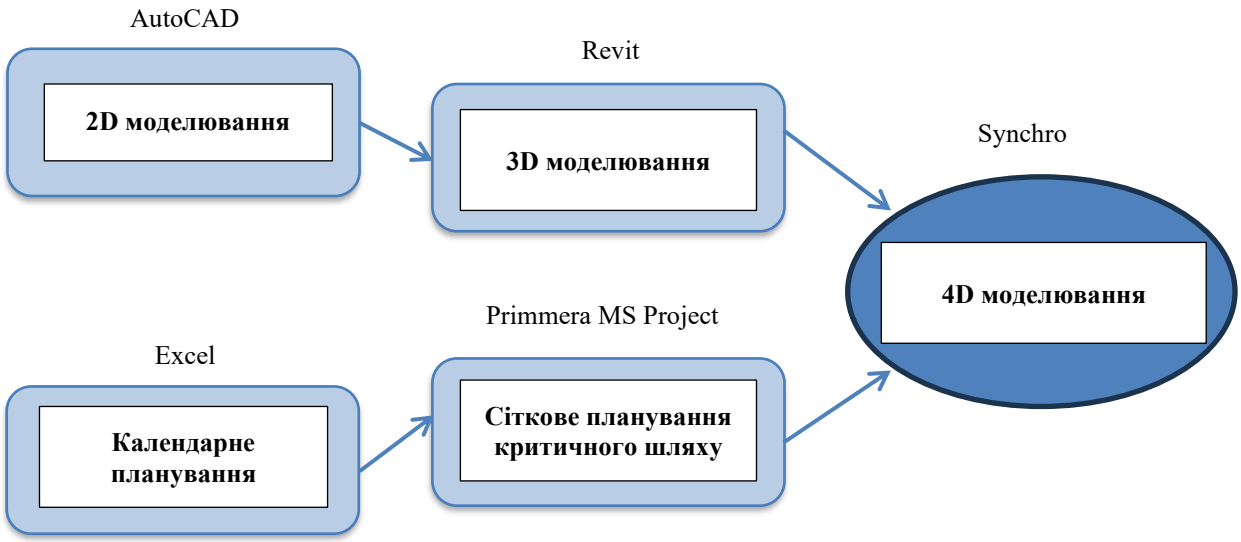


Рис. 6.3 Концепція роботи Synchro Pro

Приклад фрагменту анімації 4D моделі виконаної в Synchro Pro зображено на рисунку 6.4.

Останнім прикладом є ПК, яке можливо використовувати при управлінні проєктами з застосуванням BIM. А саме, розглянуто *BIM cloud від Graphisoft ArchiCAD* [39].

BIM cloud (BIM хмара) - інструмент групового проєктування в ArchiCAD. У BIM cloud робиться серйозний наголос на спільній роботи архітекторів над загальним проєктом. За такого підходу загальна модель зберігається на спеціально виділеному сервері, який отримав назву BIM-сервер. Для синхронізації роботи на сервер надсилаються тільки зміни, а чи не весь проєкт.

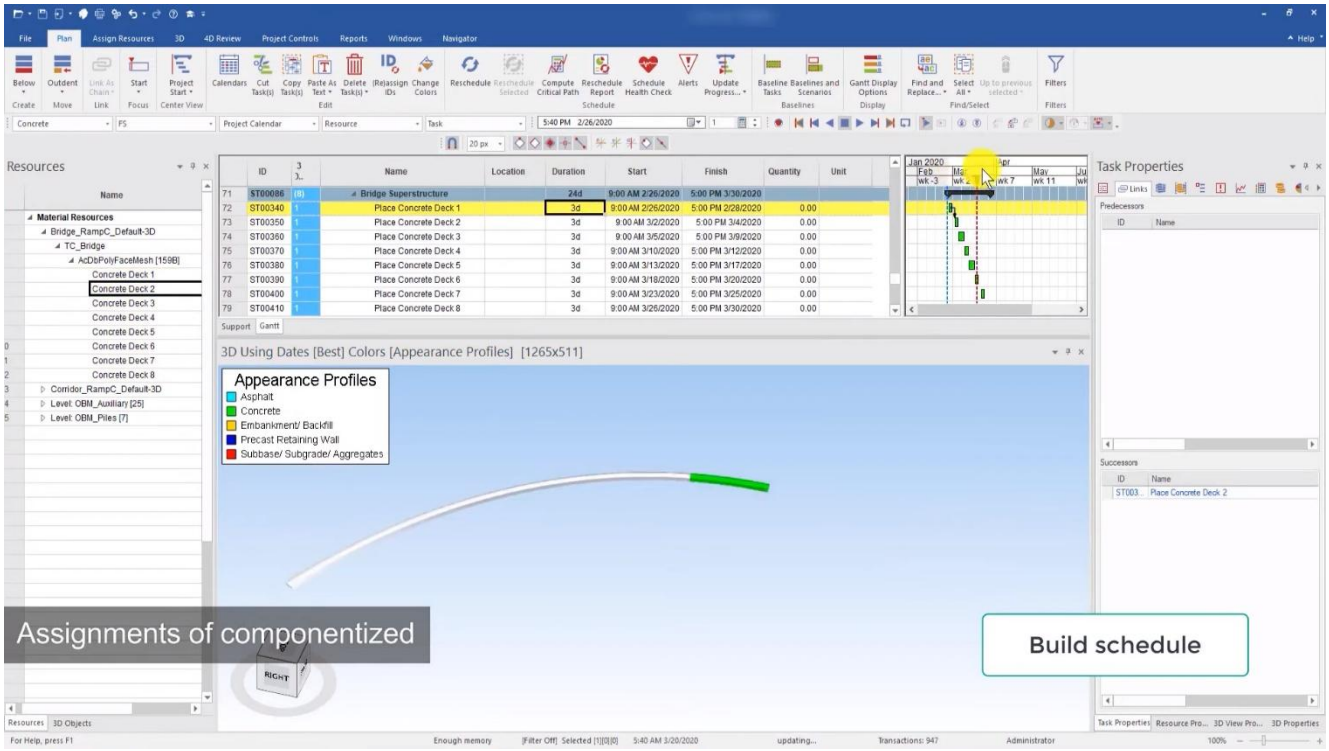


Рис. 6.4 Приклад фрагменту анімаційної 4D моделі Synchro Pro (початкова зміна тривимірної моделі будівлі від паркану до здачі об'єкта в експлуатацію прив'язана до графіку виконання робіт)

Це скорочує навантаження на мережу до мінімуму і надає можливість синхронізувати дані по об'єкту, що розробляється як в рамках офісу, так і через мережу інтернет в реальному часі [39].

ArchiCAD використовується для передачі даних у форматі IFC що забезпечує спільне проєктування. Спільну роботу колективу підрядників забезпечується за допомогою технології IPD (Integrated Project Deliver, комплексної передачі проєктів) [39].

Industry Foundation Classes (IFC) – формат даних з відкритою специфікацією, яка не контролюється жодною компанією чи групою компаній. Формат файлу розроблено міжнародною організацією за сумісністю buildingSMART для спрощення взаємодії у будівельній промисловості. Використовується як формат для інформаційної моделі будівлі (BIM) [2, 3, 12].

Рисунок 6.5 наочно показує принцип взаємодії різних членів команди при роботі над одним об'єктом за допомогою пакета програм, що розглядається [39].

Рисунок 6.6 наочно показує принцип взаємодії різних членів команди при роботі над одним об’єктом за допомогою пакета програм, що розглядається [39].

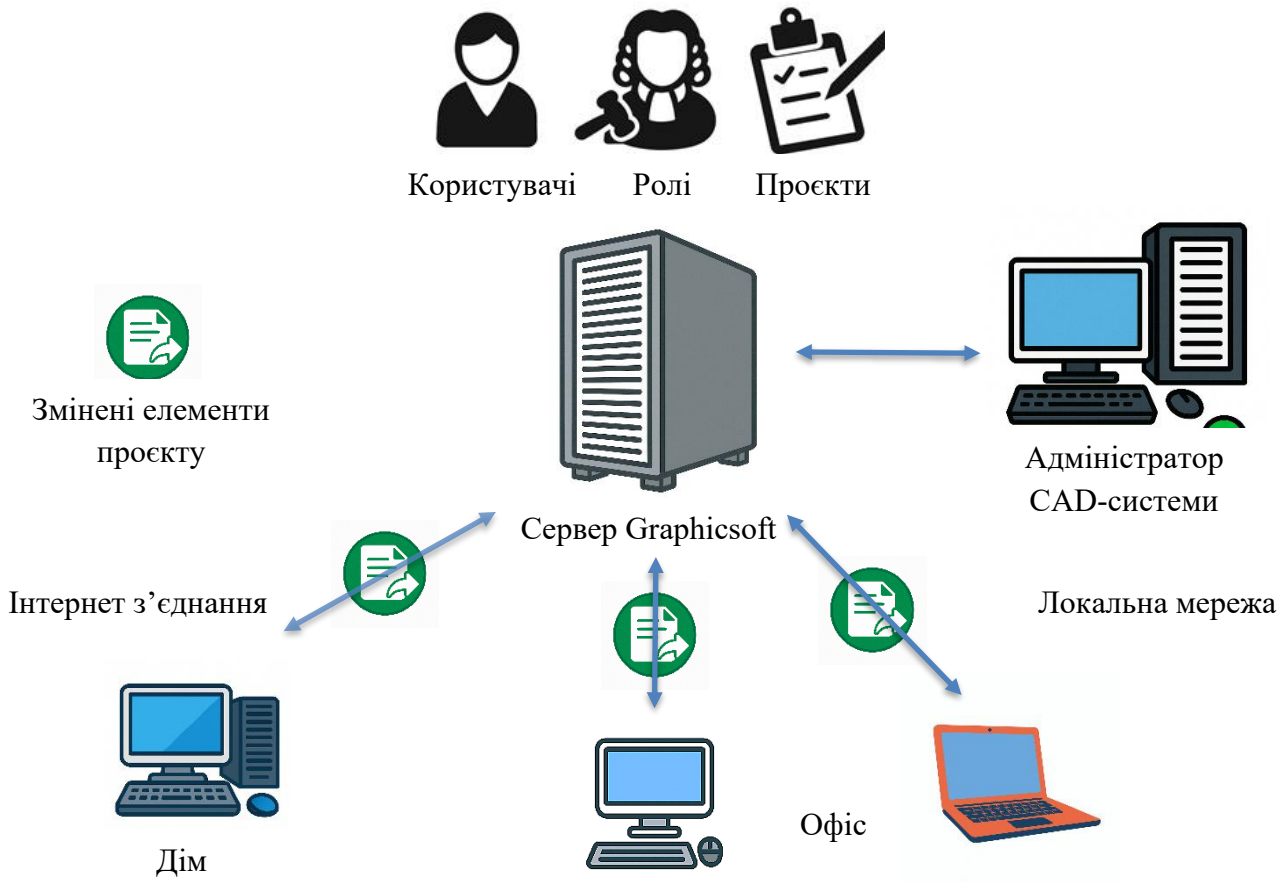


Рис. 6.5 Взаємодія учасників за допомогою Graphisoft ArchiCAD: BIM cloud

BIMx для Archicad – це інноваційний інтерактивний інструмент для архітекторів, яким потрібні сучасні методи взаємодії та представлення своїх проєктів. Будь-яка людина – замовник, консультант, будівельник – тепер може в буквальному значенні слова «зануритися» в архітектурний проєкт: дружнє для користувача тривимірне середовище [39].

BIMx заснований на технології, що забезпечує одночасну навігацію за 2D-документацією та 3D-моделями будівель. Ця унікальна технологія дозволяє отримати доступ із мобільних пристроїв навіть до дуже складних BIM-моделей, що містять великі обсяги 2D-документації [39].

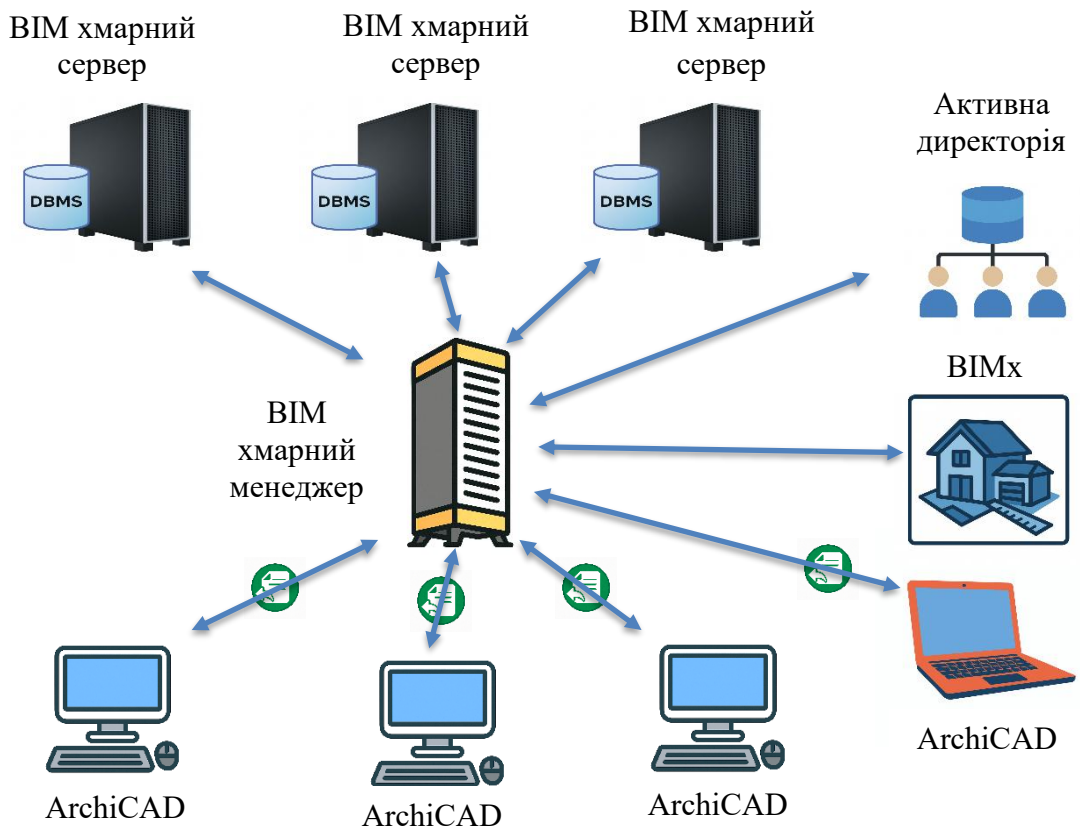


Рис. 6.6 Взаємодія учасників за допомогою Graphisoft ArchiCAD: BIM cloud

6.3. TeamWork-системи. Системи керування будівельними підприємствами та портфелями будівельних проєктів

TeamWork-системи – це системи для роботі в команді з використанням BIM.

Розглянуті в розділі 6.2 конспекту лекцій хмарні середовища частково реалізовують функції TeamWork-систем. Зокрема, це *ALLPLAN BIMPlus та Graphisoft ArchiCAD: BIM cloud*. Основою взаємодії учасників проєкту в хмарі є технологія, що постійно розвивається – TeamWork. Вона дозволяє групі проєктувальників одночасно працювати із єдиною моделлю [36, 39].

Однак для менш складних проєктів важливо вміти користуватись спеціалізованими онлайн-інструментами, що забезпечують роботу в команді. Вони мають узагальнену назву *«TeamWork-системи»*. Однім із прикладів такої системи може слугувати *ПК Basecamp* [40].

Basecamp – це онлайн-інструмент (сервіс) для управління проєктами, спільної роботи та постановки завдань щодо проєктів із полегшеним інтерфейсом. Це своєрідний task-manager (диспетчер завдань) [40].

Basecamp надає користувачам такі можливості:

- перегляд загальної інформації про клієнтів та проєкти на одному екрані;
- використання чат-кімнати для обговорення проєкту;
- використання дошки повідомлень, анонсів, оголошень;
- призначення та відстеження завдань;
- використання форумів для обговорення завдань та проєктів;
- ведення розкладу та управління ключовими точками проєкту;
- відстеження витраченого часу;
- додавання повідомлень та коментарів [40].

Basecamp сумісний з багатьма програмами, віджетами (віджет – це компактна програма, яка виконує одну функцію (наприклад, годинник, календар, обмінник повідомленнями, плеєр)) та іншими програмами. Незважаючи на широку популярність, Basecamp вважається недостатньо пристосованим для ведення складних та довготривалих проєктів, а також для використання у великих компаніях [40].

Для аналізу показників та керування портфелями проєктів можливо використовувати [8, 12, 41]. Під «портфелем проєкту» розуміється набір декількох проєктів. Наприклад, портфелем проєкту може бути зведення житлового комплексу, що включає в себе:

- проєкт зведення житлової будівлі;
- проєкт побудови інфраструктури;
- проєкт зведення школи та інші проєкти.

Такі ПК, *як HP Project Portfolio Management (HP PPM)* дозволяють керівництву визначати важливість того чи іншого проєкту на підставі об’єктивних даних, оцінювати перспективи їх впровадження та, виходячи з потреб у ресурсах, обирати найбільш пріоритетні проєкти.

HP PPM допомагає керувати залежностями, розподіляти час та ресурси на розробку спільних компонентів для різних проєктів, а також будувати «дорожню карту» нових розробок на найближчі півтора роки.

HP PPM є платформою автоматизації ключових процесів управління портфелями проєктів, окремими проєктами у великих організаціях в умовах жорстких тимчасових, ресурсних та фінансових обмежень. Головною особливістю рішення HPE PPM є можливість гнучкого налаштування об'єктів системи їх повного відповідності поставленим завданням [41].

Програмне забезпечення HP PPM дозволяє:

- визначати найбільш важливі проєкти організації, відстежувати виконання проєкту та стежити за реалізацією портфеля загалом у реальному часі (включаючи управління змінами, ризиками, дорученнями та ін.), вчасно вносити коригування та ін.;
- наочно аналізувати та пріоритизувати стратегічні та оперативні вимоги та запити, формувати на їх основі проєкти та завдання з виділенням ресурсів;
- швидко адаптуватися до змін та забезпечувати відповідність бізнес-процесів та проєктів компанії поставленим стратегічним та оперативним цілям;
- ефективно розподіляти навантаження на співробітників організації, що, у свою чергу, дозволяє приділяти максимальну увагу найбільш пріоритетним завданням, а також ясно розуміти поточне завантаження ресурсів і планувати майбутню потребу;
- автоматизувати процеси управління портфелем організації (проєктні ініціативи, бізнес-мети організації, узгодження бізнес-кейсів та ін.;
- автоматизувати процеси управління проєктною діяльністю підприємства (формування портфелів, проєктів; управління ресурсами та ін.) [41].

На рисунку 6.7 показано концепцію управління портфелем проєкту за допомогою HP Project Portfolio Management [41].

З рисунку 6.7 видна автоматизація процесу управління портфелем проєкту – кількома проєктами.

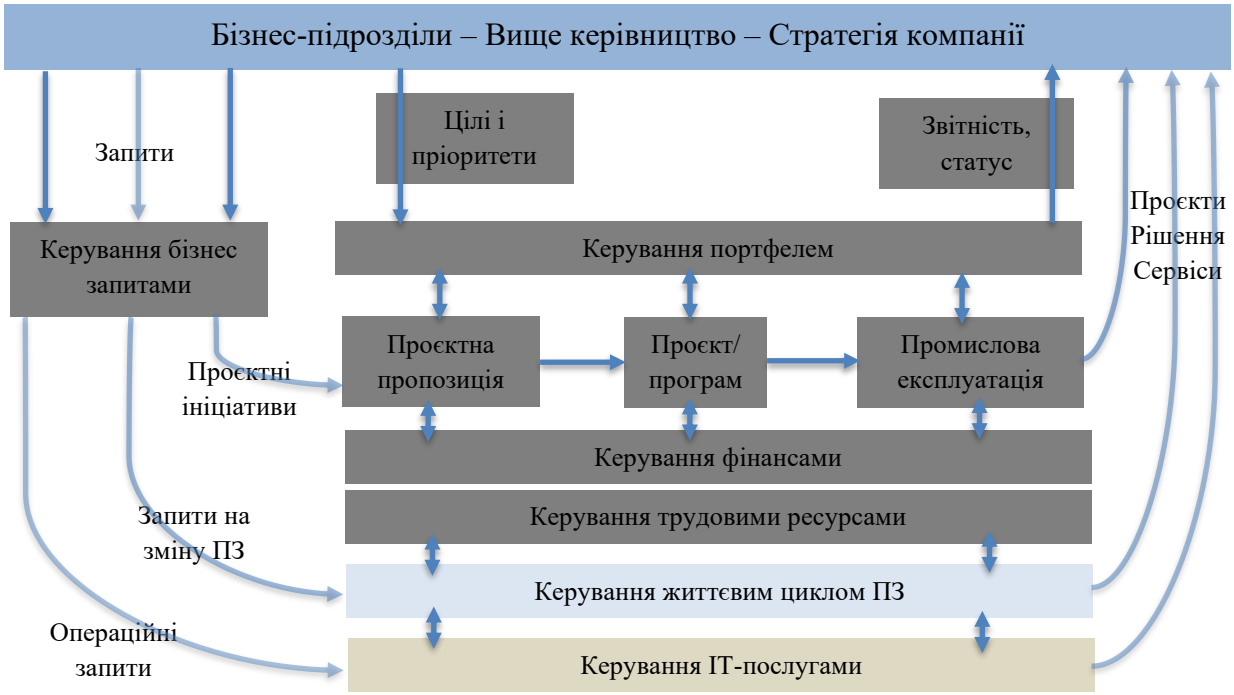


Рис. 6.7 Концепція процесу управління портфелем проєкту за допомогою HP Project Portfolio Management

Система портфельного керування призначена для вирішення наступних завдань:

- автоматизації процесу управління портфелем організації: збір проєктних ініціатив, їх ранжування, прив'язка до бізнес-цілей організації, узгодження бізнес-кейсів, «вирівнювання» портфеля за доступним бюджетом та ресурсами з урахуванням поточної проєктної та операційної діяльності;
- автоматизації процесів управління проєктною діяльністю організації: формування портфелів, програм, проєктів; управління ресурсами проєктів; контроль ключових показників ефективності (КПЕ) у процесі реалізації будівельних проєктів/програм; формування та доставка управлінської звітності щодо проєктної діяльності організації в режимі реального часу;
- автоматизації процесів управління ресурсами: створення та ведення пулів ресурсів; ведення довідників кваліфікації ресурсів; індивідуальні календарі ресурсів; підтримка процесу виділення ресурсів на проєкти; підсистема обліку робочого дня (як проєктної, і операційної діяльності) [41].

Система HP PPM є модульною та підтримує впровадження процесів портфельного управління в організації як «зверху-вниз», так і «знизу-вгору». Також підтримується реалізація окремих функцій – керування програмами/проєктами, ресурсами; проєктними пропозиціями і т. д. з подальшим розширенням функціоналу та охопленням суміжних функцій та процесів [41].

Головною особливістю рішення HP PPM є можливість гнучкого налаштування об'єктів системи для їхньої повної відповідності поставленим завданням. Кожен об'єкт HP PPM має власні атрибути, робочий процес, а також життєвий цикл. Завдяки цим можливостям досягається чітка організація процесу роботи та взаємодії всіх учасників, а також впровадження та контроль будь-яких параметрів продуктивності/ефективності всередині цього процесу [41].

HP PPM дозволяє наочно аналізувати взаємозв'язок поточних ризиків та вартості портфеля; мінімальні та повні витрати ресурсів та фінансів портфеля проєкту та багато іншого. Тобто, це в основному інформація про портфель проєктів та їх взаємодію один з одним, якою можна керувати та здійснювати планування [41].

Але дуже важливим є *вміння керувати* не тільки будівельним проєктом, а й *будівельною організацією*. Для цього існує лінійка спеціалізованих ПК. розглянемо на прикладі *ПК Building manager* [42].

Функціонал Building manager дозволяє:

- здійснювати обмін даними з програмами архітектурного проєктування, ціноутворення у будівництві з ДБН, бухгалтерського обліку, з УП та офісними додатками, (Будівельні технології – Кошторис, MS Project, Primavera P3);
- формувати перелік робіт безпосередньо з 3-х мірної моделі (з САПР InteAr4.x, ArchiCad, Arto);
- розраховувати кошторисну документацію та виконувати побудову календарних планів (у тому числі зведених проєктів на більш ніж 200 об'єктів), графіків фінансування, забезпечення будівництва матеріалами (обладнанням) та руху робочої сили;

- візуалізувати календарний план на кожен день будівництва у 4D моделі;
- складати як комерційні кошториси, так і роботи у стиковці з програмами для кошторисних розрахунків за ДСТУ/ДБН;
- здійснювати оперативний облік виконання обсягів робіт із автоматичною візуалізацією планів; фінансування та витрачання коштів; поставок матеріалів та обладнання з формуванням актів виконаних робіт та форм списання матеріалів, – у стикуванні з бухгалтерськими програмами;
- дозволяє керівнику, у тому числі, у реальному часі, відстежувати роботу різних підрозділів підприємства з допомогою модуля «BmMonitor» [42].

Контрольні питання за розділом 6.

1. Які основні функції виконують кошторисні програмні комплекси у сфері управління будівельним виробництвом?
2. Які можливості надає програмний комплекс Microsoft Project для планування та контролю будівельних проєктів?
3. Які переваги і недоліки має програмний комплекс Primavera P6 для управління будівельними проєктами?
4. Які основні функції та переваги BIM-моделей з новими вимірами (4D, 5D, 6D тощо) у будівництві?
5. Які програмні комплекси використовуються для створення нових вимірів BIM та що вони забезпечують у процесі управління проєктами?
6. Які особливості та переваги має платформа Allplan BIMplus для координації дій учасників будівельного проєкту?
7. Як технологія BIM cloud у Graphisoft ArchiCAD покращує колективну роботу над будівельним проєктом?
8. Що таке TeamWork-системи і яку основну функцію вони виконують у спільній роботі над проєктами?
9. Які можливості надає онлайн-інструмент Basecamp?
10. Чому Basecamp вважається недостатньо придатним для ведення складних та довготривалих проєктів?

11. Що таке портфель проєктів?
12. Які основні функції виконує програмне забезпечення HP Project Portfolio Management (HP PPM)?
13. Які переваги дає використання програмного комплексу Building manager?

РОЗДІЛ 7. СПЕЦІАЛЬНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПРИ УПРАВЛІННІ ПРОЄКТАМИ З ЗАСТОСУВАННЯМ BIM

7.1. Технології доповненої, змішаної та віртуальної реальності (AR, MR та VR) в інтеграції з програмними комплексами BIM

Доповнена реальність (англ. Augmented reality, AR) (рис. 7.1, а) – це технологія, що доповнює зображення реального світу віртуальними об’єктами [43-45].

Використовуючи доповнену реальність (AR), ми дивимося на світ не безпосередньо, а через певний «фільтр», який вбудовує у справжній світ віртуальні об’єкти так, ніби вони там справді знаходяться [43-45].

Найчастіше як «фільтр» для AR використовується смартфон або планшет. Рідше зустрічається спосіб – AR на великих екранах: зазвичай застосовується у торгових центрах, на зупинках у рамках рекламних кампаній тощо [46].

Екран стає або «вікном», в якому, крім зворотної сторони, показуються додаткові об’єкти, або «телевізором», що показує глядачів і віртуальні об’єкти поруч [43].

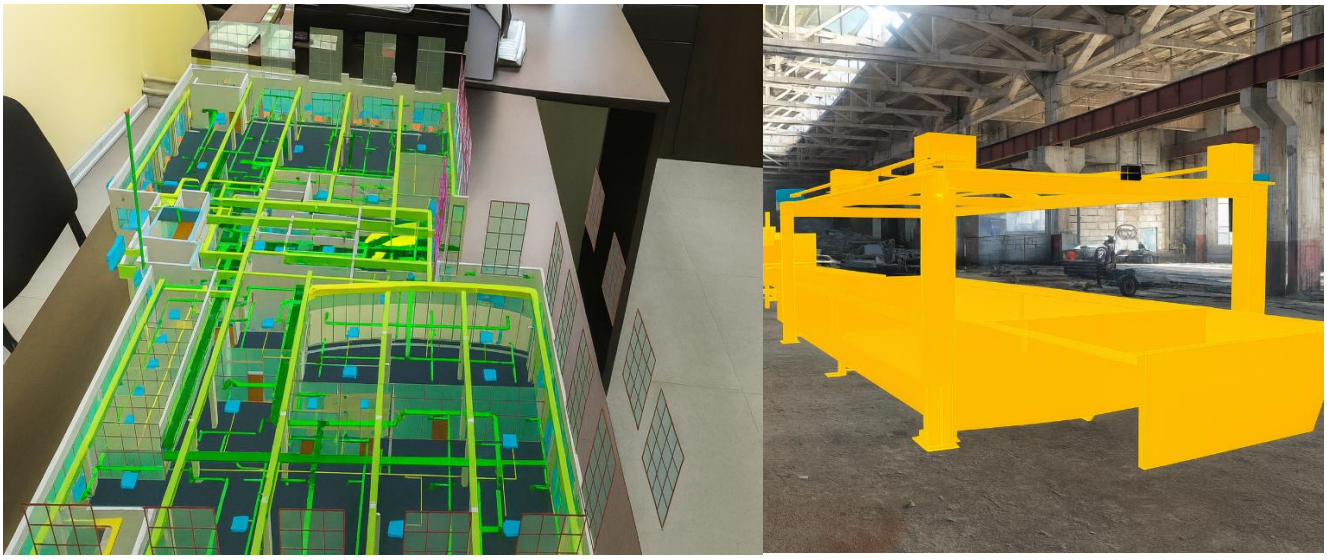
Більш рідкісний «фільтр» – окуляри доповненої реальності [43].

Змішана реальність (англ. mixed reality, MR) (рис. 7.1, б), іноді звана як гібридна реальність, є наслідком об'єднання реального та віртуальних світів для створення нових оточень та візуалізацій, де фізичний та цифровий об'єкти співіснують та взаємодіють у реальному часі [43, 44, 47].

Головна відмінність MR від AR є те, що дані технології дозволяють взаємодіяти з цифровими об'єктами доповненої реальності (AR) [43, 44, 47].

Величезний плюс технологій змішаної реальності (MR) - це можливість проєктування зображення невидимих людському оку, наприклад підсвічування конструкції за залізною панеллю [44, 47].

Вдавшись до програми *Unity Reflect* можливе створення спеціальних програм доповненої (AR) та змішаною (MR) реальності, в інтерфейс яких можна включити відомості про етапи будівництва, терміни будівництва, інформацію та посилання на робочу документацію, можливості в цілому не обмежені та дозволяють за допомогою програмування охопити великий спектр необхідної інформації. Єдиний аспект полягає в тому, що відбудуться зміни в штаті співробітників, де програмісти відіграватимуть значну роль в організації роботи компанії [46, 47].



а) б)

Рис. 7.1 Приклади використання доповненої та змішаної реальностей: а) – доповнена реальність з використанням планшету; б) – змішана реальність з використанням смартфону (при натисканні на елементи об’єкту з ним можливо взаємодіяти – робити нотатки, змінювати властивості)

Технологія змішаної (MR) і доповненої (AR) реальності має велике майбутнє у будівництві. Йдеться навіть не лише про такі переваги, як підвищення ефективності, скорочення термінів реалізації будівельних проєктів та зниження витрат. Оскільки глобально робоча сила стає менш кваліфікованою, а складність проєктів зростає, MR і AR може зрештою сформувати більш досконалу модель взаємодії, де працівникам точно показують, де розміщувати елементи - без необхідності звіряння з документацією [44, 46, 47].

В даний час вже є об’єкти, при будівництві яких використовували дані технології. У перспективі дана технологія удосконалюватиметься і дозволить більшості великих компаній використовувати її повною мірою.

Віртуальна реальність (англ. Virtual reality, VR) – це симуляції, створені за допомогою шоломів віртуальної реальності [44-47].

У віртуальної реальності (VR) відбувається повне занурення людини у штучно створене середовище, на відміну від доповненої реальності (AR), яка забезпечує віртуальні елементи у вигляді накладання шарів або 3D об’єктів реального світу [47].

Віртуальна реальність (VR) у будівництві – це наступний рівень у 3D-моделюванні. Але на відміну від 3D-моделювання, вона поміщає користувача безпосередньо у віртуальне середовище, та користувач відчуває повне занурення у віртуальний простір [46-47].

Можливості, які відкриває віртуальна реальність (VR) наступні [46-47].

1) Збори в VR. Віртуальна реальність є зручним інструментом для обговорення будь-яких важливих питань, пов’язаних з моделлю незалежно від того, де члени команди знаходяться спільного перегляду моделі.
2) Презентації у VR. Це може бути, як VR тур для потенційних покупців квартири, які дозволяють подивитися планування, дизайн, вид з вікон майбутньої квартири, порівняти варіанти обробки, так і, наприклад, презентація концепту для клієнтів будівельних компаній.
3) VR тури будівельним майданчиком в реальному часі. Шляхом поєднання VR технології та 3D камери, яка записує відео 360 градусів у реальному часі, можна надати доступ будь-яким учасникам для віддаленої прогулянки будівельним майданчиком для спостереження процесу будівництва.
4) VR тренажери (рис. 7.2). Тренажери VR дозволяють перенести людину в простір, що копіює реальну обстановку та обставини, для навчання у штатних, позаштатних, аварійних ситуаціях. Тренажери VR з повним зануренням є відмінним засобом, що дозволяє розвинути та сформувати навички.

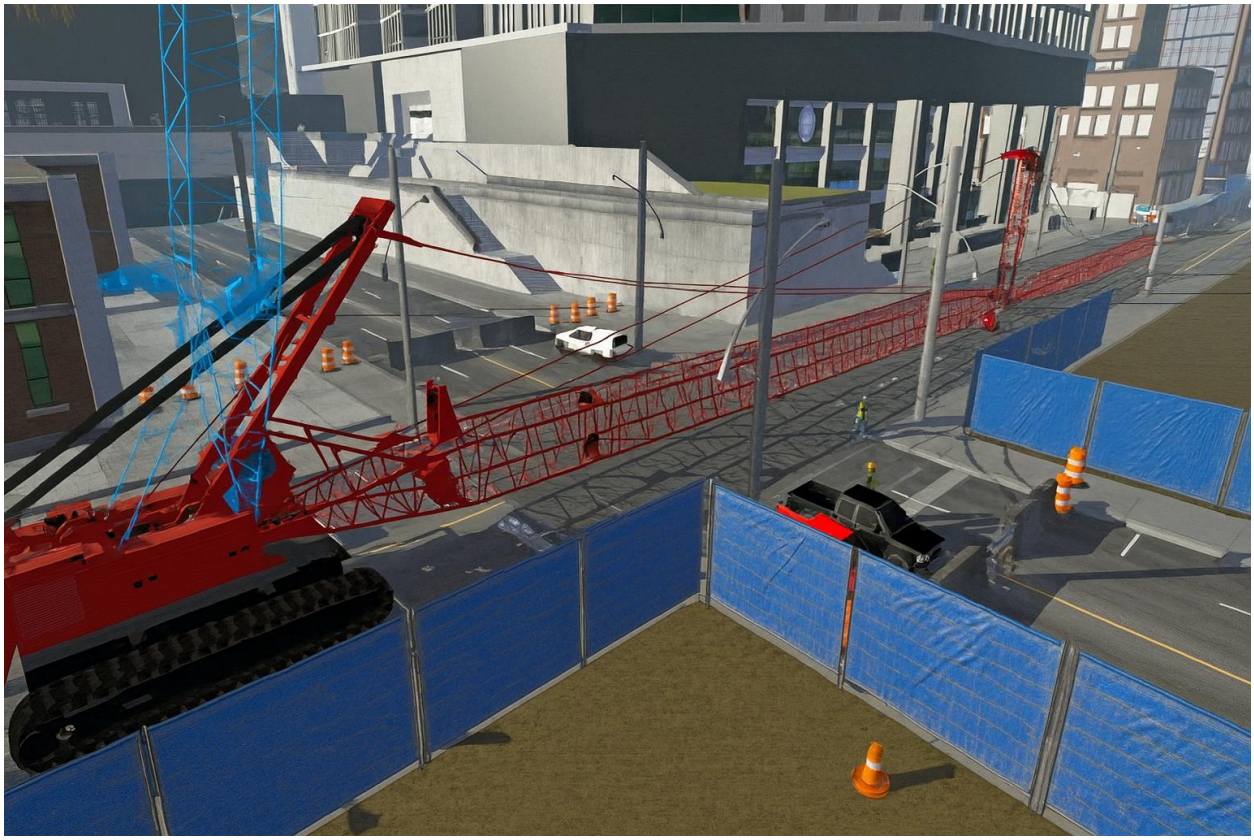


Рис. 7.2 Приклад застосування VR для тренажерів. Американська CM Labs представила віртуальний тренажер для кранівників. Він дає молодим робітникам можливість познайомитися з машинами, перш ніж спробувати свої сили у реальних умовах. Симулятор отримав схвалення Департаменту будівництва Нью-Йорка

Приклад ПК для віртуальної реальності – *Iris VR*. Ця програма передбачає пряму інтеграцію з Navisworks, Revit, Rhino, SketchUp [46-47].

Після синхронізації проєкту в Iris, VR з'являється можливість додати інших учасників для спільного перегляду проєкту, що є одним із основних призначень даної платформи - прийняття рішень у режимі віртуальної реальності незалежно від розташування учасників [46-47].

Insite VR передбачає пряму інтеграцію з Navisworks, Revit, BIM360, SketchUp. Використовувати платформу можна як через програму на комп'ютері, так і через веб-браузер [46-47].

В даний час програма надає більшість можливостей при відкритті моделі в VR з BIM360 який є хмарним сховищем даних [46-47].

Крім 2-х розглянутих програм для використання технології віртуальної реальності, існує і ціла низка аналогічних програм, таких як RevizTo (перегляд даних моделі в VR та вирішення завдань проєкту), Autodesk Live (візуалізація в VR проєкту, створеного в ПК Revit), The Wild (Віртуальні наради, освіта, обговорення проєкту з Revit в VR та ін.), Enscape (віртуальні прогулянки об'єктом) та інших [44-47].

7.2. Інтернет речей (IoT), дрони, роботизація та штучний інтелект

Роботи можуть замінити людей у рутинних роботах на будівництві, а також використовуватися для моніторингу ходу робіт та дотримання правил безпеки. Їх використання підвищує продуктивність робіт та безпеку будівельників [43].

На рисунку 7.3 показано тестове випробування на будівельному майданчику *робота-собаки* від інженерної компанії Boston Dynamics. Робот інтегрований з ПК керування та сканерами, ним можна керувати за допомогою контролера. Він може ходити в складних умовах (драбині, на вулиці тощо). На даного робота можна встановлювати різні камери та сканери. Робота можна, можливо залишити на ніч, а вранці він може автоматично здійснити обхід на об'єкт та просканувати його. Коли персонал прибуває на місце, для керівництва проєкту готові знімки його стану [48-52].

Рис. 7.3 Випробування на будмайданчику робота-собаки від інженерної компанії Boston Dynamics

Дрони (рис. 7.4) здійснюють моніторинг майданчиків за допомогою камер із висоти. Крім цього використовуються мультикоптери-постачальники, які дозволяють зменшити завантаженість об’єкта автотранспортом. Нарешті, розроблено спеціальні дрони для зносу будівельних елементів після закінчення проєкту [50].

Застосування дронів довело свою ефективність у сфері будівництва, архітектури та міської інфраструктури. Безпілотники (дрони) успішно застосовуються для проведення топографічної зйомки місцевості під майбутню забудову, моніторингу процесу будівництва та відстеження етапів робіт, створення 3D моделей будівель при плануванні реставраційних робіт, виявлення небезпечних ділянок та інших потреб. За допомогою ПК знімки дрону можливо візуалізувати в 3-D [50].

Рис. 7.4 Використання дронів на будмайданчику

Технології інтернету речей (англ. internet of things, IoT) (рис. 7.5) дозволяють контролювати роботи на будмайданчику за рахунок датчиків. Вони збирають дані, а потім можуть обробляють їх за допомогою ШІ*(штучний інтелект). Це дозволяє контролювати масштабні проєкти, скорочуючи час та витрати [48, 49, 51, 52].

Крім цього, IoT допомагає скорочувати ризики та запобігати травматичним випадкам. Наприклад, якщо будівельники носять на одязі сенсори, вони можуть відстежувати їх пересування небезпечними зонами, а також вміст шкідливих речовин у повітрі. Датчики на матеріалах дозволяють виявити порушення правил їх зберігання, аварійний стан тощо. Наприклад, «розумні» підошви американської компанії SolePower Work Boot відстежують переміщення користувача, фіксують падіння або напругу в ногах, а також забезпечують освітлення під час пересування в темних місцях [48, 49, 51, 52].

Рис. 7.5 «Розумні» підошви компанії SolePowerWork Boot США

Можливості технології «інтернет речей (IoT)» наступні [48, 49, 51, 52].

1) Підвищення продуктивності. Найчастіше компанії ведуть кілька об’єктів у різних локаціях, а важливо контролювати життєві цикли кожного та укладатися у строки. Датчики збирають дані на будмайданчику, потім ці дані обробляються за допомогою спеціальних програм та видають підряднику картину робочої ситуації. Технологія допомагає контролювати масштабні проєкти, скорочуючи час та витрати на вирішення завдань.

2) Безпека/охорона. Проблема травм і смертей на сучасному будівництві, як і раніше, актуальна. IoT може суттєво скорочувати ризики та запобігати травматичним випадкам. Сенсори на одязі будівельників, датчики на майданчику,

сенсори в будматеріалах відстежують пересування людей по зонах, шкідливі речовини в повітрі, порушення правил зберігання, аварійний стан та ін. Датчики на будматеріалах також можуть запобігати крадіжкам.

3) Управління ресурсами. IoT може оптимізувати витрати на обслуговування об’єкта та постачання ресурсів. Відстежити споживання електрики, води чи палива, оптимізувати цю статтю витрат допоможуть смарт-датчики. Дані збираються автоматично і видається неупереджений результат: коли потрібно поповнити запаси або зробити профілактику, заміну чи ремонт. Дозволяє виявити проблеми перевитрати води, електроенергії та ін.

Дослідження MCKinseyGlobal Institute, в якому оцінювався вплив Інтернету речей на будівельну та гірничодобувну промисловість показало, що власники компаній можуть заощадити понад 160 мільярдів доларів, застосувавши IoT [43, 48, 49].

Потенціал «Інтернету речей» найближчими роками лише розкриватиметься у будівництві, оскільки на нас чекає глобальна цифровізація будівельної галузі.

Штучний інтелект (ШІ) (англ. Artificial Intelligence, AI) – це технологія, яка імітує когнітивні функції людини: розв’язання завдань та проблем, розпізнає образи, об’єкти та навчається. Є й особлива область ШІ - Машинне навчання, воно будується на зборі статистичних даних, на основі яких робляться висновки та висновки [48-53].

Нові будівельні технології не обійдуться без машинного навчання та ШІ. Фактично це невидимий помічник, який аналізує терабайти даних, знаходячи проблеми. Це може бути як і рутинне фільтрування непотрібної інформації, і навпаки, пошук конкретних даних [53].

Функції, які забезпечує використання ШІ наступні [48, 49, 53].

1) Предиктивна (прогнозна) аналітика:

- прогнозування загрози безпеці, ґрунтуючись на попередніх даних;
- розпізнавання важливих атрибутів та елементів на будівництві;
- контроль території, кількості людей на об'єкті, носіння ЗІЗ (засобів індивідуального захисту).

2) Планування та проєктування проєкту:

- контроль бюджету за допомогою зібраних/або змодельованих даних;
- відстеження та зниження ризиків, визначення пріоритетів.

3) Роботизовані механізми, автоматизація процесів:

- виконання рутинних, простих, але трудомістких операцій на будівництві, заміна людської сили;
- оптимізація робіт, де потрібна висока продуктивність.

Спільне застосування технології «інтернет речей (IoT)» та ШІ (штучного інтелекту): датчики-інспектори [52].

Для запобігання нещасним випадкам будівельні компанії залучають експертів безпеки. Однак на ринку таких фахівців не вистачає, а їхні послуги коштують недешево. Революцію у вирішенні проблеми безпеки на об'єктах здійснила американська компанія Smartvid.io за допомогою машинного зору. Завдяки навику самонавчання ШІ (штучний інтелект) цілодобово за допомогою камер стежить за дотриманням техніки безпеки та сигналізує, коли виявляє порушення – від робітника без каски до лісів чи сходів, які не мають огорожі [52, 53].

7.3. Робота з масивами даних (BigDate). Цифрові двійники

Під BigData (Великі Дані) мають на увазі різні факти, дані, інформацію не лише від людей, а й від різноманітних сенсорів, систем та програм — а разом із ШІ (штучним інтелектом) та IoT (Інтернет речей) ці дані перетворюються на серйозний інструмент управління [53-56].

Наприклад, використання BigData дозволяє виявити закономірності зміни погодних чи кліматичних умов у передбачуваному місці будівництва, щоб розрахувати найкращий час початку будівництва. Також аналіз великих даних дає прогнози про доцільності тих чи інших робіт, витратах та ін. В якості прикладу BigData можна використовувати хмарний сервіс BIM 360ProjectIQ, в якому зібрано

базу знань з 20 млн питань та відповідей щодо завдань будівництва. Аналізувати таку кількість даних максимально оперативно може лише ШІ [56].

Технології, які розробляють компанії на зразок Smartvid.io, дозволять забезпечити грамотне управління великими даними та приймати більш обґрунтовані рішення в управлінні будівництвом з урахуванням грамотної аналітики. У 2017 році бостонський технологічний стартап Smartvid.io залучив $7 млн у першому раунді інвестицій. Він поставив перед собою амбітну мету розробити платформу для інтелектуального аналізу фото та відео з будівництва. Smartvid.io впровадили у свою платформу технології машинного навчання для аналітики, оскільки людині для обробки такого обсягу даних знадобилося б набагато більше часу. Розпізнаючи отримані зображення, система може вказати все чи одягли засоби захисту, чи правильно встановлені ліси та системи безпеки. Технологія наголошує на місцях на фото, де щось не в порядку і потрібно виправити для підвищення безпеки праці. На платформу Smartvid.io можна завантажити фото та відео, будь-яку кількість зображень з будь-яких пристроїв – дронів, камер GoPro, мобільних телефонів та планшетів. Обробка даних відбувається у хмарі, а її результати можна переглянути на смартфоні. Така аналітика дозволяє запобігати ризикам і знижувати можливість інцидентів на будівництві [53, 56].

Цифровий двійник (Digital Twins) – це цифрове уявлення реального об'єкта або системи. Якщо спробувати пояснити простіше – це зв'язок між об'єктом реального світу та його цифровим поданням за допомогою даних із датчиків. Розширене визначення може бути таким: цифровий двійник- програмний аналог фізичного пристрою, що моделює внутрішні процеси, технічні характеристики та поведінку реального об'єкта в умовах впливу перешкод та навколишнього середовища [54, 55].

Важливою особливістю цифрового двійника є те, що для завдання на нього вхідних впливів використовується інформація з датчиків реального пристрою, що працює паралельно. BIM (за виключенням 4-6D моделей) статична, а цифровий двійник у поступовій динаміці – змінюється у часі [54].

Цифрові двійники дають можливість перевірити різні сценарії та погрози – вплив стихійних лих, різних надзвичайних ситуацій – пожежі чи обвалення якогось елемента за допомогою симуляції. Спираючись на BIM цифровий двійник може «випробовувати на собі» ту закладену інформацію, інтегруючи різні блоки інформації [54].

Функція передбачування цифрового двійника – одна з головних. Можливі проблеми чи навпаки, точне розуміння, що об'єкт зможе витримати передбачувані навантаження, дозволяє будівельникам не робити марних витрат і на ранніх етапах оптимізувати процеси та вносити коригування. Якщо система кондиціювання повітря потребує ремонту, за допомогою цифрового двійника технік може не тільки знайти місце несправності на смартфоні або планшеті, а й якісніше усунути проблему, використовуючи дані, отримані у двійнику. У власників будівель є можливість відправляти цифрових двійників підрядникам, які можуть створювати свої моделі на основі цих даних [54].

Якщо до BIM додати інформацію про поточний стан об'єкта можемо отримати такі види цифрових двійників:

- на етапі будівництва – реальний процес зведення об'єкта та рішення, які не були закладені у початковому проєкті;
- на етапі експлуатації – дані про поточний стан та про зміни конструкцій після здачі об'єкта, про встановлене обладнання та його стан, про статус роботи датчиків та розумних пристроїв [54, 55].

Прикладом забезпечення роботи цифрового двійника є *система SODISBuilding* (рис. 7.6). Вона в режимі реального часу аналізує та зберігає дані з доступом до них з будь-якої точки світу через інтернет. Платформа SODISBuilding поєднує в собі контрольовані елементи (будівельні конструкції, системи безпеки, інженерні системи), датчики та параметри моніторингу, що настроюються, великі обсяги даних та алгоритми їх обробки, технології візуалізації та BIM будівлі. Такий підхід дозволяє мінімізувати участь технічних фахівців у процесі моніторингу. SODISBuilding підтримує збір даних із датчиків основних світових виробників вимірювального обладнання. Проводить безперервний моніторинг [54, 55].

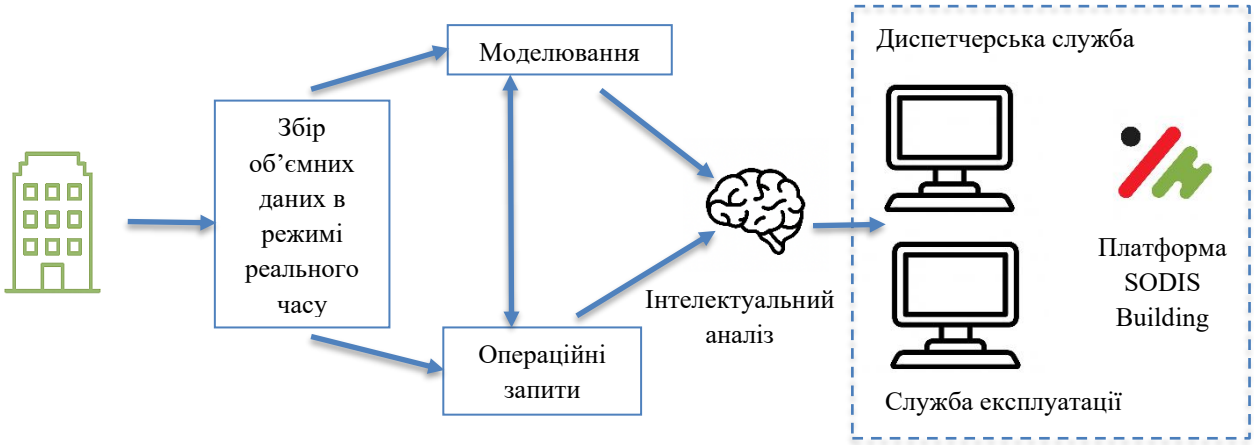


Рис. 7.6 Загальна схема роботи цифрового двійника будівлі чи споруди за допомогою платформи SODISBuilding

Іноді «цифрові двійники» розглядаються як новий етап розвитку BIM-моделювання, який може бути використаний для найскладніших та масштабних проєктів. Однак у майбутньому вдасться дистанційно чи навіть автономно керувати об'єктами, фізичними аналогами двійників. Все завдяки інтернету речей (IoT) та ШІ: цифровий двійник будівлі зможе збирати дані і використовувати та їх, реагуючи на інциденти без участі людини – і такий сценарій стає реальністю, а не фантастикою. Однак між BIM-технологіями та «цифровими двійниками» є важлива різниця: другі допомагають швидше не на етапі будівництва, а вже під час експлуатації об'єкта [53, 54].

За оцінками агентства Markets and Markets, глобальний ринок цифрових двійників минулого року становив $3,8 млрд, а вже у 2025 році він може досягти показника $35,8 млрд. Однак у нашій країні зараз акцент зроблено на інформаційне моделювання, і коли широке поширення набуде її технологічний «наступник» (цифровий двійник), поки невідомо [53, 54, 55].

Контрольні питання за розділом 7.

1. Які основні відмінності між технологіями доповненої (AR) та змішаної реальності (MR) у контексті їх застосування в управлінні проєктами з використанням BIM?

2. Як технологія віртуальної реальності (VR) сприяє підвищенню ефективності командної роботи та прийняттю рішень у будівельних проєктах?
3. Які можливості надає програма Unity Reflect для інтеграції технологій AR та MR у будівельні проєкти?
4. Яким чином VR-тренажери можуть бути використані для навчання працівників у будівельній галузі, і які переваги вони надають порівняно з традиційними методами?
5. Які функції виконують дрони та роботи на будівельних об’єктах?
6. Як технологія Інтернету речей (IoT) сприяє зменшенню фактичних витрат, підвищенню продуктивності та безпеки при реалізації будівельних проєктів?
7. Які основні функції штучного інтелекту (ШІ) в будівництві, зокрема в поєднанні з IoT, і як вони допомагають у прогнозуванні ризиків?
8. Яким чином технології Big Data та штучний інтелект (ШІ) сприяють оптимізації управління будівельними проєктами, зокрема через аналіз великих масивів даних?
9. Що таке цифровий двійник, і як його використання відрізняється від статичної BIM-моделі на етапах будівництва та експлуатації?
10. Які можливості надає платформа SODISBuilding для роботи з цифровими двійниками, і як вона мінімізує участь технічних фахівців у моніторингу?

РОЗДІЛ 8. ОПТИМІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНИХ РІШЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ

8.1. Методика та програмний інструментарій багатокритеріального аналізу для вибору ефективних будівельних рішень

Методика багатокритеріального аналізу будівельних рішень [57-59] розроблена в Одеській державній академії будівництва та архітектури. Вона дозволяє виконати аналіз ефективності будівельних рішень. Зокрема, конструктивно-технологічних, організаційних, управлінських, фінансових та інших.

Після проведення багатокритеріального аналізу зазвичай відбувається оптимізація будівельних рішень. Так досягається найвища ефективність.

Загальні положення багатокритеріального аналізу наступні [57-59].

1) Насамперед необхідно виявити які з багатьох відомих рішень підлягають порівнянню.
2) Наступним кроком є вибір найефективніших рішень за допомогою методики багатокритеріального аналізу.
3) Для вибору необхідно порівняти найбільш розповсюджені традиційні рішення та відомі інновації. Причому під поняттям «інновації» прийнято як абсолютно нові, так і нетрадиційні рішення, які мало використовуються.

Алгоритм методики багатокритеріального аналізу наведено на рисунку 8.1 [57-59].

На початку багатокритеріального аналізу виконується пошук та/або розробка рішень для порівняння. Для виконання цього завдання аналізуються інформаційні джерела. Далі відбувається: визначення рішень, що будуть порівнюватись, їх опису, переваг та недоліків; вибір критеріїв оцінювання та отримання значень їх кількісних та якісних оцінок. Після визначення якісних і кількісних оцінок рішень та переведення їх в єдину бальну шкалу, отримані дані включають у «зведені таблиці» в програмному комплексі MS Excel. Надалі, за допомогою функції

«зведена діаграма» MS Excel будуються та аналізуються діаграми з масиву даних «зведених таблиць». Таким чином визначаються рівні ефективності кожного з порівнюваних рішень. Виконується аналіз діаграм за допомогою угрупування, сортування та ранжирування рішень за різними критеріями. Наступним та останнім кроком методики є здійснення та однозначний вибір найбільш ефективного рішення з поетапним обґрунтуванням. Виключення рішень має бути послідовним і внутрішньо несуперечливим [59].

Більш детально з методикою багатокритеріального аналізу, яка виконується з використанням сучасних ПК можливо ознайомитись в [57-59].

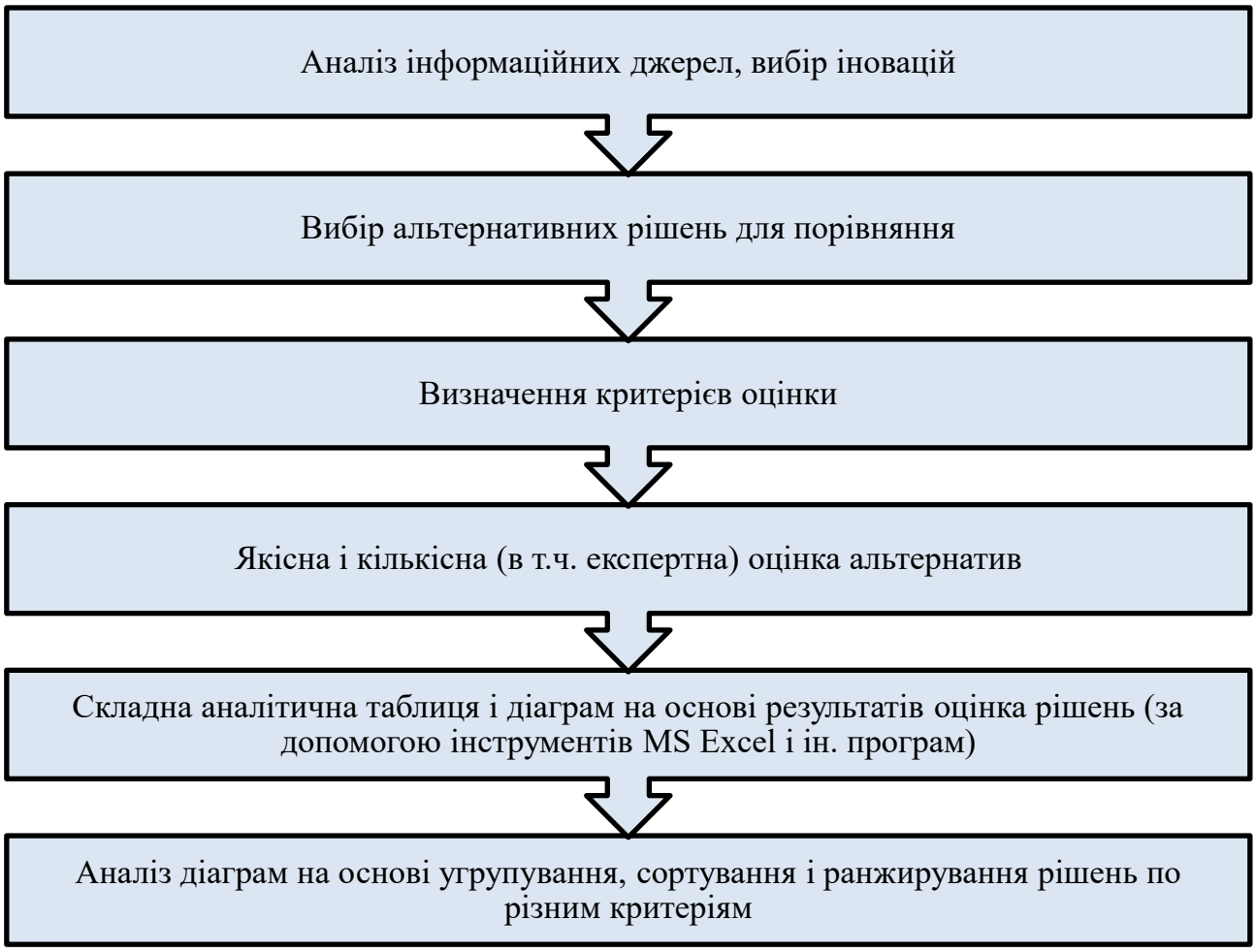


Рис. 8.1 Алгоритм методики багатокритеріального аналізу

8.2. Методика оптимізації управлінських рішень в будівництві з урахуванням діючих обмежень

Для оптимізації використовують методику експериментально-статистичного моделювання (ЕСМ) [59-62].

Вона здійснюється у програмному комплексі CompEx2009.01, MATLAB, Design–Expert або інших аналогічних ПК [59-62].

Для оптимізації організаційно-технологічних та управлінських рішень найчастіше використовують наступні програмні комплекси:

- MS Project (календарне планування, управління проєктами);
- АВК 5 (кошторисна документація);
- Autodesk AutoCAD (креслення);
- програмні комплекси MS Office.

При проведені оптимізації (моделювання) інших будівельних рішень можуть використовуватись інші спеціалізовані програмні комплекси.

В управлінні будівельними процесами характерною ознакою є множинність рішень. Вибір ефективного рішення ускладняється швидким розвитком будівельних технологій та методів організації будівництва. Проблему врахування множинності рішень вирішують за допомогою побудування різноманітних моделей. Модель являє собою абстрактне відображення найбільш впливових властивостей, процесів і взаємозв'язків реальних систем. Модель – це умовний образ об'єкта, сконструйований для спрощення його дослідження [59].

Визначити оптимальні значення показників ефективності можливо за допомогою побудови певної кількості моделей (наприклад кошторисних та організаційно-технологічних моделей). Моделі створюються за допомогою спеціалізованих програмних комплексів (наприклад, АВК 5, MS Project) згідно обраного плану експерименту. Інформаційні моделі розрізняють на описові, табличні та ієрархічні. Для визначення оптимальних будівельних рішень найбільш наочними є табличні та графічні моделі. Основними графічними моделями служать лінійні графіки, циклограми та мережеві графіки [59].

Вибір програмного засобу при моделюванні здійснюється з урахуванням специфіки дослідження, можливостями його використання на даному об’єкті для вирішення поставлених завдань. Наприклад, для складання графічних моделей використовують такі спеціалізовані програмні комплекси: MS Project, Primavera P6 та ін. [59].

Для проведення оптимізації (рис. 8.2) організаційно-технологічних показників ефективності виконується побудова необхідної кількості моделей в одній з програм по УП (наприклад, MS Project) згідно обраних планів експериментів. Ці моделі є відображення багатьох аспектів математичної статистики і теорії планування експериментів.

Визначити аналітичні та графічні залежності отриманих значень показників ефективності від варійованих факторів можливо за допомогою використання методики експериментально-статистичного моделювання, наприклад в програмному комплексі CompEx 2009.01. За допомогою теорії планування експериментів реалізовуються побудовані кошторисні та графічні моделі, виконується їх дослідження – тобто проведення обчислювального експерименту. Такий експеримент виконується за допомогою експериментально-статистичного моделювання. Воно дозволяє вирішити такі завдання:

- мінімізація витрат інтелектуальних, часових та матеріальних ресурсів при пошуку потрібного інженерного результату;
- підвищення достовірності й інформативності експериментальних досліджень;
- покращення якості продукції та її конкурентної спроможності, пошук шляхів ресурсозбереження при забезпеченні потрібних значень показників якості [59-62].

В якості діючих обмежень можуть розглядатись наступні: максимальні розміри фінансування та/або строки реалізації будівельного проєкту; максимальна та мінімальна кількість робітників та/або механізмів (обладнання); способи та інтенсивність фінансування та інші.

У результаті виконання аналізу отриманих залежностей можливо віднайти оптимальні значення показників відновлення та відповідні поєднання факторів. Процес пошуку оптимальних значень показників ефективності може включати накладення діючих обмежень на отримані залежності з метою врахування особливостей процесів, що моделюються [59].

1. *Розробка та аналіз проєктно-кошторисної документації або інвестиційного проєкту та визначення вихідних даних для оптимізаційного*

2. *Вибір найбільш значущих показників і чинників, що впливають на них*

3. *Розробка моделей будівельних рішень відповідно до розробленого плану експериментів в одній з ПК по УП (MS Project, Primavera P6 або ін.)*

4. *Побудова експериментально-статистичних моделей залежності показників від досліджуваних чинників за допомогою спеціального програмного забезпечення (CompEx2009.01, MATLAB, Design-Expert або ін.)*

5. *Графічна інтерпретація та кількісний аналіз отриманих результатів.*

6. *Введення діючих обмежень. Оптимізація рішень з їх урахуванням*

7. *Приймання управлінського рішення та його формалізація у вигляді, зручному для виробничого використання (наприклад, побудома 4-6D моделі)*

Рис. 8.2 Алгоритм проведення оптимізації з використанням BIM

Більш детально з методикою оптимізації будівельних рішень з використанням сучасних ПК можливо ознайомитись в [59-62].

Контрольні питання за розділом 8.

1. Які основні етапи методики багатокритеріального аналізу для вибору ефективних будівельних рішень?
2. Як відбувається порівняння традиційних та інноваційних рішень у процесі багатокритеріального аналізу, і чому важливо враховувати нетрадиційні рішення?

3. Яким чином забезпечується послідовність та несуперечливість при виключенні менш ефективних рішень під час багатокритеріального аналізу?
4. Які основні типи інформаційних моделей використовуються для оптимізації будівельних рішень?
5. Які завдання вирішує експериментально-статистичне моделювання в контексті оптимізації будівельних процесів?
6. Як методика експериментально-статистичного моделювання (ЕСМ) сприяє пошуку оптимальних рішень?

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Як економити за допомогою BIM? Режим доступу: https://bimpartner.com.ua/strong-yak-ekonomyty-za-dopomohoiu-bim-strong/ (дата звернення 20.04.2025).
2. Chuck E., Paul T., Rafael S., Kathleen L. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. USA: John Wiley & Sons, Inc, 2008. 506 p. Режим доступу: https://drive.google.com/file/d/1pWERqXhefsqjik6J29BftnO7grIGXXuB/view?usp=sharing (дата звернення 03.04.2025).
3. Посібник з впровадження інформаційного моделювання в будівництві, створений Європейським державним сектором. Стратегічні дії щодо роботи будівельного сектору: рушійна цінність, інновації та зростання. EU BIM Task group. Режим доступу: https://eubim.eu/wp-content/uploads/2020/12/2017_EU-BIM-Handbook_ua.pdf (дата звернення 03.04.2025).
4. ДСТУ ISO 19650-1:2020 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 (ISO 19650-1:2018, IDT). Уведено вперше; чинний від 2020–07-01 (Прийняти національний стандарт, гармонізований з міжнародним стандартом, методом перекладу).
   Режим доступу:
   https://uscc.ua/uploads/page/images/normativnye%20dokumenty/bim/dstu-EN-ISO-19650_1.pdf (дата звернення 03.04.2025).
5. ДСТУ ISO 19650-2:2020 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 (ISO 19650-2:2018, IDT). Уведено вперше; чинний від 2021-06-01 (Прийняти

національний стандарт, гармонізований з міжнародним стандартом, методом перекладу). Режим доступу: https://uscc.ua/uploads/page/images/normativnye%20dokumenty/bim/dstu-EN-ISO-19650_2.pdf (дата звернення 20.04.2025).

6. Концепція впровадження BIM - будівельного нформаційного моделювання в Україні. 2020. Режим доступу: https://drive.google.com/file/d/1wAQZsnxIbnnNZeqjEO705dIMGOmmi72D/view?usp=drive_link (дата звернення 03.04.2025).
7. Мещерякова О.М. Виклики цифрової трансформації в архітектурно-будівельній галузі - BIM - спеціалісти. SWorldJournal, 1(13-01). Issue 13 / Part 1, 2022. С. 43-47. Режим доступу: http://doi.org/10.30888/2663-5712.2022-13-01-025 (дата звернення 20.04.2025) .
8. Менеджмент та управління проєктами в будівельній галузі: навч. пос. Ширяєва Н.Ю. та ін. Під ред. І.А. Ажаман та Т.В. Смелянець. Одеса: ОДАБА, 2018. 268 с. Режим доступу: https://surl.li/pnhqqk (дата звернення 20.04.2025).
9. ДСТУ EN ISO 19650-3:2021 Організація та оцифрування інформації щодо будівель та споруд включно з будівельним інформаційним моделюванням (BIM). Управління інформацією з використанням будівельного інформаційного моделювання. Частина 3. Етап експлуатації (EN ISO 19650-3:2020, IDT; ISO 19650-3:2020, IDT). Уведено вперше; чинний від 2022-08-01 (Прийняти національний стандарт, гармонізований з міжнародним стандартом, методом перекладу). Режим доступу: https://uscc.ua/uploads/page/images/normativnye%20dokumenty/bim/dstu-EN-ISO-19650_3.pdf (дата звернення 20.04.2025).
10. ISO 19650-4:2022. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling. Part 4: Information exchange. Режим доступу: https://www.iso.org/standard/78246.html (дата звернення 29.04.2025).

11. ДСТУ EN ISO 19650-5:2022 Організація та оцифрування інформації щодо будівель та споруд включно з будівельним інформаційним моделюванням (BIM). Управління інформацією з використанням будівельного інформаційного моделювання. Частина 5. Застосування орієнтованого на захист підходу до управління інформацією (EN ISO 19650-5:2020, IDT; ISO 19650-5:2020, IDT). Уведено вперше; чинний від 2023-02-01 (Прийняти національний стандарт, гармонізований з міжнародним стандартом, методом перекладу). Режим доступу: https://uscc.ua/uploads/page/images/normativnye%20dokumenty/bim/dstu-EN-ISO-19650_5.pdf (дата звернення 29.04.2025).
12. BIM-менеджер: практичний посібник з управління BIM-проектами. Авторизований переклад німецького видання надано видавництвом Beuth Verlag GmbH, Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787, Berlin. 2023, 578 с. Режим доступу: https://drive.google.com/file/d/1Y7jMF7bE9VsCNfNC3DIXJU5JqRSH7a30/view?usp=sharing (дата звернення 29.04.2025).
13. BIM та ISO 19650 – у контексті управління проектами. Організація та оцифровування інформації про будівлі і споруди з інформаційним моделюванням будівель (BIM): проспект, адаптований переклад українською Міждержавної гільдії інженерів консультантів (МГІК). Харків: ТОВ «Видавництво «Форт», 52 с. Режим доступу: https://drive.google.com/file/d/1OFn742F0ANZhzEEO70OEtvbtmQoECcvG/view?usp=drive_link (дата звернення 29.04.2025).
14. Бушуєв С.Д., Бушуєв Д.А. Основи індивідуальних компетенцій для управління проєктами, програмами і портфелями: в 3-х томах / під. ред. Бушуєва С.Д. К.: «Саммит-Книга», 2017. 530 с. Режим доступу: http://upma.kiev.ua/ua/literature/ (дата звернення 29.04.2025).
15. Хто такий інвестор? Режим доступу: https://ffin.ua/blog/articles/investopediia/post/khto-takyi-investor (дата звернення 29.04.2025).

16. Генпідрядник: основні послуги, ролі і обов'язки. Режим доступу: https://bigkyiv.com.ua/genpodryadchik-osnovnye-uslugi-rol-i-obyazannosti/ (дата звернення 29.04.2025).
17. Войтенко О.С. Управління проєктами: навч. посіб. Київ: КНУБА, 2020. 276 с. Режим доступу: https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2023/10/073mag-project-management-voitenko-2020.pdf (дата звернення 29.04.2025).
18. Матеріали базового академічного курсу BIM-технології в життєвому циклі будівель та споруд.
Режим доступу :
https://drive.google.com/drive/folders/11Au_k1S8FsBgl4a2BwPh9jsZoOWBP2pI2ifpGqz7hcbyomBjU5-nn2Px9fqldCaKLII8nBNB ;
https://drive.google.com/drive/folders/18HpmO8ryz3eqzkI8FnN9O4yGfIDZhl_Lp9q5b0gIBb0OvV0E6vp4W3sJW_LOKovxGEGZiIEj;
https://drive.google.com/drive/folders/1LGIENCoo_JeU-NUEL7wummSJH1Ji_cQPYLEr4nR5EB-eWB0t5rfZxmKb1ocvk-fd4y1cW5xM ;
https://drive.google.com/drive/folders/1zypy4CIERcTglgbn9l2067nMEVos36RX ;
https://drive.google.com/drive/folders/1XWEInpEq8WyydPM3lDEarFmKLWlBrqHN (дата звернення 29.04.2025).
19. Ковров А. В., Менейлюк О. І., Нікіфоров О. Л. Шаблон управління будівництвом – нова інформаційно-комунікаційна концепція: монографія. Одеса : ОДАБА, 2021. 165 с. Режим доступу: https://surl.li/ofndcl (дата звернення 29.04.2025).
20. Положення (стандарт) бухгалтерського обліку 16 «Витрати». – [Затверджений від 1999-12-31]. К: Міністерство фінансів України, 1999. 48 с. Режим доступу: https://zakon.help/law/z0027-00 (дата звернення 20.04.2025).
21. Програмні комплекси АС-4 для розрахунку кошторисної документації, взаєморозрахунків у будівництві та визначення вартості проектно-

вишукувальних робіт. Режим доступу: https://ac4.kiev.ua/ (дата звернення 20.04.2025).
22. Програмний комплекс АВК 5 2.11.6. Режим доступу: https://msmeta.com.ua/view_koshtorysni_programy.php?id=2 (дата звернення 20.04.2025).
23. Програмний комплекс «Автоматизований випуск кошторисів» - ПК АВК-5. Режим доступу: https://avk5.com.ua/about_program_avk5.html (дата звернення 22.04.2025).
24. Детальніше щодо АВК 5. Режим доступу: https://stroysmeta.com.ua/viewpage.php?page_id=65 (дата звернення 22.04.2025).
25. Комп'ютерна програма «Інпроект – випуск кошторисів». О програмі. Режим доступу: http://www.inproekt.kiev.ua/IVK (дата звернення 22.04.2025).
26. Порівняння кошторисних програм «АВК 5» и «ИВК». Режим доступу: http://www.expertsoft.com.ua/smeta/aboutComparison/sravnenie-ivk-i-avk-5.php (дата звернення 22.04.2025).
27. Програмний комплекс (ПК) Кошторис XXI. Режим доступу: http://www.com-mm.com/web/it/13-smeta21.html (дата звернення 22.04.2025).
28. Будівельні технології: кошторис 8. Режим доступу: https://smeta.ua/ (дата звернення 22.04.2025).
29. ТК ИСС II. Інфобуд. Режим доступу: http://www.infobud.com.ua/tk-iss-ii/ (дата звернення 22.04.2025).
30. Керування проєктами. Режим доступу: https://www.microsoft.com/uk-ua/microsoft-365/project/project-management (дата звернення 22.04.2025).
31. Основні завдання в програмі Project. Режим доступу: https://surl.li/knuafo (дата звернення 22.04.2025).
32. Спеціальні можливості у програмі Microsoft Project. Режим доступу: https://surl.lu/quyrtp (дата звернення 22.04.2025).

33. Oracle Primavera P6 – світовий стандарт в управлінні будівельними проектами. Режим доступу: http://www.hydrodev.biz/oracle-primavera-ua/ (дата звернення 22.04.2025).
34. У чому різниця між Primavera P6 і Oracle Primavera? Режим доступу: https://abra.ranok.cx.ua/maysternist/u-chomu-riznicya-mizh-primavera-p6-i-oracle-primavera.html (дата звернення 22.04.2025).
35. The Evolution of BIM Dimensions: 3D, 4D, 5D & Beyond. Режим доступу: https://www.autodesk.com/blogs/construction/bim-dimensions/ (дата звернення 22.04.2025).
36. ALLPLAN Комплексне програмне забезпечення BIM для інженерів та архітекторів. Режим доступу: https://allbim.pl/ua/ (дата звернення 22.04.2025).
37. Офіційний веб-сайт компанії Autodesk. Режим доступу: https://www.autodesk.com/ (дата звернення 22.04.2025).
38. Офіційний веб-сайт компанії Bentley systems. Режим доступу: https://www.bentley.com/ (дата звернення 22.04.2025).
39. Офіційний веб-сайт компанії Graphisoft. Режим доступу: https://www.graphisoft.com/plans-and-products/archicad/ (дата звернення 22.04.2025) .
40. Basecamp is designed, built, and backed by 37 signals. Режим доступу: https://basecamp.com/ (дата звернення 22.04.2025)
41. HP Project and Portfolio Management Center. Режим доступу: https://www.hp.com/hpinfo/newsroom/press_kits/2009/lasvegasevents2009/HPPPMOverview.pdf (дата звернення 22.04.2025).
42. АТ «Building Manager». Потужний інструмент для будівельника. Режим доступу: https://s-tech.com.ua/ua/product/na-dopomogu-budivelniku/at-building-manager.html (дата звернення 22.04.2025).
43. Новітні цифрові технології в будівництві. Опис новітніх технологій, які впроваджуються в будівельну сферу. Режим доступу: https://surli.cc/grhkyf (дата звернення 01.05.2025).

44. У чому різниця AR, VR и MR? Блог Fountain. Режим доступу: https://fountain.company/blog/v-chjom-raznica-mezhdu-ar-vr-i-mr/ (дата звернення 01.05.2025) .
45. Ahlem Assila, Amira Dhouib, Ziad Monla & Mourad Zghal. Integration of Augmented, Virtual and Mixed Reality with Building Information Modeling: A Systematic Review. Режим доступу: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-05939-1_1 (дата звернення 01.05.2025).
46. Kruglyk V. Integration of Augmented and Virtual Reality Technologies with Adaptive Learning Systems: Analysis of Conceptual Models. OD, no. 4(43), pp. 69–82, Dec. 2023. Режим доступу: https://doi.org/10.28925/2312-5829.2023.44 (дата звернення 05.05.2025).
47. Мартинюк, О., Корольов, І. Тенденції розвитку VR, AR та MR-технологій у сучасному бізнесі. Економіка та суспільство. 2020. Вип. 22. Режим доступу: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2020-22-85 (дата звернення 05.05.2025).
48. Данкевич В.Є., Данкевич А.Є. Інтернет речей та штучний інтелект як ключові елементи інноваційного розвитку підприємств в епоху цифрових викликів. Режим доступу: https://eco-science.net/wp-content/uploads/2024/07/7.24._topic_Vitalii-Dankevych-Andrii-Dankevych-165-173.pdf (дата звернення 05.05.2025).
49. Теличко В. С. Використання штучного інтелекту та інтернету речей у повоєнному розвитку України. Режим доступу: https://doi.org/10.54929/2786-5746-2023-9-02-12 (дата звернення 05.05.2025).
50. Wonjun Choi, Seunguk Na and Seokjae Heo. Integrating Drone Imagery and AI for Improved Construction Site Management through Building Information Modeling. Режим доступу: https://www.mdpi.com/2075-5309/14/4/1106 (дата звернення 05.05.2025).
51. Modeling relation among implementing AI-based drones and sustainable construction project success. Режим доступу: https://doi.org/10.3389/fbuil.2023.1208807 (дата звернення 05.05.2025).

52. Мінакова С., Грігорі О. Сучасні методи оптимізації логістичних процесів. Режим доступу: https://surl.li/slyjtw (дата звернення 05.05.2025).
53. Artificial intelligence in the construction industry: A review of present status, opportunities and future challenges. Режим доступу: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103299 (дата звернення 05.05.2025)
54. Digital Twins (цифрові двійники). Режим доступу: https://www.it.ua/ (дата звернення 10.05.2025).
55. Tran Duong Nguyen and Sanjeev Adhikari. The Role of BIM in Integrating Digital Twin in Building Construction: A Literature Review. Режим доступу: https://doi.org/10.3390/su151310462 (дата звернення 10.05.2025).
56. Махмудова, А. О. (2025). Використання BigData та штучного інтелекту для розвитку міжнародного бізнесу. Актуальні питання економічних наук, (10). Режим доступу: https://doi.org/10.5281/zenodo.15190320 (дата звернення 10.05.2025).
57. Галушко В.О., Менейлюк О.І. Визначення новизни і рівня технологічних рішень в будівництві і реконструкції : навч. пос. Одеса : ОДАБА, 2021. 219 с. Режим доступу: https://drive.google.com/drive/folders/1DjkdKjcU7CrtDzHLlX4h3isL0ZFSrTv1?usp=drive_link (дата звернення 10.05.2025).
58. Менейлюк О.І., Нікіфоров О.Л. Методичні вказівки з дисципліни: «Інновації в будівництві» для виконання контрольної роботи для студентів освітнього рівня «магістр» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації «Промислове і цивільне будівництво» і здобувачів ступеня магістра ОДАБА. Одеса: ОДАБА, 2019. 53 с. Режим доступу: http://ktsp.od.ua/files/KontrolnaInovatsii.pdf (дата звернення 10.05.2025).
59. Менейлюк О.І., Руссий В.В. Аналіз відомих методик пошуку оптимальних рішень відновлення пошкоджених будівель. Технічні науки та технології. 2023. Вип. 2 (32). С. 355-362. Режим доступу: https://doi.org/10.25140/2411-5363-2023-2(32)-355-362 (дата звернення 10.05.2025).

60. Розширений план лекцій з дисципліни «Прогнозування параметрів і оптимізація організаційно-технологічних рішень»: веб-сайт кафедри технології будівельного виробництва ОДАБА. Режим доступу: http://ktsp.od.ua/files/Konspect/PlanOptimiza.pdf (дата звернення 10.03.2024). (дата звернення 11.05.2025).
61. Менейлюк О. І., Менейлюк І. О., Нікіфоров О.Л., Свердленко О.Л. Оптимізація тривалості реконструкції громадської будівлі за фінансових і організаційних обмежень. Збірник наукових праць УкрДУЗТ. 2020. №189. С. 21-27. Режим доступу: https://doi.org/10.18664/1994-7852.189.2020.213354 (дата звернення 11.05.2025).
62. Менейлюк О.І., Єршов М.Н., Нікіфоров О.Л., Менейлюк І.О. Оптимізація організаційно-технологічних рішень реконструкції висотних інженерних споруд. К: ТОВ НВП «Інтерсервіс», 2016. 332 с. Режим доступу:https://drive.google.com/file/d/11JSvDgiSghTn9i6JpsUV9N9ieI9cL2gA/view?usp=sharing (дата звернення 11.05.2025).