

## Управління розвитком технологій будівництва на основі знань

Сергій Бушуєв<sup>1</sup>, Роман Трач<sup>2</sup>

Київський національний університет будівництва і архітектури,  
Повітрофлотський просп. 31, Київ, Україна, 03037

<sup>1</sup>[SBushuyev@ukr.net](mailto:SBushuyev@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0002-7815-8129>

<sup>2</sup>[dica@ukr.net](mailto:dica@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0001-6654-9870>

Отримано 16.05.2021, прийнято 19.05.2021

<https://doi.org/10.32347/tit2141.0302>

### ВСТУП

З розвитком технологій будівництва, змінюються і модернізуються вимоги замовників, проекти стають більш трудомісткими і, відповідно, вся проектна документація ускладнюється, при цьому обсяг її неухильно зростає. Проектувальники змушені обробляти все більше і більше інформації, яка випереджає і супроводжує процес роботи над проектом. Потік інформації 79 продовжує надходити і після здачі об'єкта в експлуатацію, так як зведена будівля тісно взаємодіє з навколишнім середовищем та іншими об'єктами, також не варто забувати і про життєзабезпечення споруди, управління внутрішніми процесами. Відповідно, в геометричній прогресії зростає ймовірність виникнення помилок, а зі збільшенням вартості проекту зростає і вартість помилок. У відповідь реакцією на перераховані вище проблеми стала концепція інформаційного моделювання будівель. Інформаційне моделювання як підхід до проектування будівель передбачає, перш за все, збір, зберігання і комплексну обробку в процесі проектування всієї архітектурно-конструкторської, технологічної, економічної та іншої інформації про будівлю з усіма її взаємозв'язками і залежностями, коли будівля і все, що має до неї відношення, розглядаються як єдиний об'єкт.

### МЕТА І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження є оцінка застосування BIM технологій та застосування знань в управлінні розвитком інноваційних технологій будівельної галузі.

BIM включає в себе різнопланову інформацію та знання про будівельний об'єкт: геометрія, просторові зв'язки, географічна інформація, кількість і властивості будівельних матеріалів і комплектуючих, специфікації, вогнестійкість, вартість, аналіз зовнішнього освітлення. Хоча переваги BIM не завжди розуміються проектантом, вони можуть стати явними для інших учасників проекту, таких як власники, підрядники, субпідрядники, компанії з управління нерухомістю. У разі змін дизайну інструменти BIM можуть інтегрувати і систематизувати зміни в цілому проект [1]. Більш того, BIM може використовуватися для інтеграції управління об'єктами. Бурхливий розвиток інформаційних технологій вимагає принципово нових підходів в архітектурно-будівельному проектуванні і розробці проектно-кошторисної документації, що полягають у створенні комп'ютерних моделей будівель і споруд, що несуть в собі всі відомості про майбутні об'єкти. Головним принципом BIM є співпраця різних зацікавлених сторін під час окремих фаз життєвого циклу об'єкту, що дозволяє 80 впровадження, отримання та актуалізацію інформації з метою підтримки і відображення ролі кожного користувача [2, 3]. Отже моделювання інформації про будівлю є системою, яка дозволяє цифровий опис багатьох параметрів будівельного об'єкту на етапах проектування, реалізації та використання. Істотним є те, що опис параметрів BIM відбувається параметрично, що є принциповою перевагою і новаторським підходом. Але однією з основних ідей пов'язаних з BIM є можливість визначення і опису не тільки геометричних і матеріаль-

них параметрів об'єкту, а також грошових і часових факторів. Завдяки цьому BIM дозволяє опис об'єкту, що охоплює всі фази, пов'язані з його виникненням і функціонуванням, від початкових концептуальних робіт, через етапи проектування, реалізації, експлуатації, і аж по ліквідацію. На сьогоднішній день не існує загальноприйнятого визначення і єдиних світових стандартів щодо інформаційної моделі об'єкта, але активно з'являються національні стандарти та формуються основні принципи, яким має відповідати цифрова модель будівельного об'єкта:

1. Єдина інформаційна модель є узгодженим банком даних графічної і описової інформації, базою даних проекту, загальною для всіх частин і етапів проекту. Інформація може бути отримана з моделі за потребою.

2. Грунтуючись на єдиній інформаційній моделі об'єкта, формується єдина стратегія управління проектуванням, виробництвом і процесом реалізації будівельного об'єкта.

3. Забезпечується підтримка розподілених груп: люди, інструменти і завдання можуть ефективно і спільно використовувати цю інформацію, що виключає надмірність, повторне введення і втрату даних, помилки при їх передачі та перетворенні.

4. Універсалізація форматів обміну даними між програмними комплексами різного призначення.

Стандартні системи CAD дозволяють створення тривимірних моделей, які називають 3D моделями. Система BIM виходить за ці межі, даючи можливості для моделювання, що визначається як 4D, 5D, 6D та навіть 7D. Технологія BIM від 4D до 7D може бути описана наступним чином:

- 4D – віртуальна модель будівлі з планами побудови і можливістю контролю процесу побудови, одночасно з візуалізацією будівлі в обраному часі;

- 5D – створює можливість виготовлення більш точної кошторисної документації, мінімізації ваги помилки, а також контролю витрат на етапі будівництва;

- 6D – дотримання принципів сталого розвитку в будівельному процесі. Завдяки цій технології вже не фази проектування

можна оцінити майбутню будівлю з точки зору енергозбереження, використання сонячної енергії;

- 7D – моделювання, що ґрунтується на управлінні інфраструктурою (англ. Facility Management), що полягає на управлінні будівельним об'єктом протягом цілого циклу життя від проектування до ліквідації. Інтеграція багатьох будівельних дисциплін дозволяє аналізувати речі, які донедавна здавалися за межами управління проектом.

Навіть при найнижчому рівні, BIM 3D, актуальні програмне забезпечення має набагато більші можливості ніж стандартні системи CAD, обмежені найчастіше визначенням геометрії і матеріалу елементів, що проектуються. Системи BIM 3D дозволяють параметризаційний опис геометричних і матеріальних ознак, дають можливість щодо використання найновіших доступних технологій пов'язаних з виробництвом і переробкою будівельних елементів. Широке використання BIM-інструментів при моделюванні будівель зі складною концепцією дизайну [4] надають архітекторам значну свободу для творчості. За рахунок використання BIM можна більш точно розрахувати кількість будівельних матеріалів і комплектуючих, необхідних для реалізації проекту [5]. Це може допомогти скоординувати процес закупівель на етапах проектування і будівництва [6].

Модель BIM може використовуватися як джерело інформації для автоматизованих машин при виготовленні готових будівельних комплектуючих [7]. Також істотною перевагою систем BIM 3D є можливість створення фото реалістичних зображень завдяки застосуванню відповідного програмного забезпечення об'єднаного з центральною програмою BIM. Крім того, модель 3D BIM забезпечить більш реалістичну візуалізацію дизайну на всіх етапах реалізації проекту.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Одним із актуальних питань розвитку управління проектами є концепція інтеграції підприємств під час реалізації будівельного проекту. Ефективність реалізації інте-

граційного процесу багато в чому залежить від того, наскільки ефективно здійснюється управління різними формами взаємодії будівельних підприємств. Результати виробничих процесів інтегрованих підприємств не завжди однозначні й в деяких випадках можуть призводити до зниження ефективності діяльності, оскільки підприємствами в повній мірі не використовується потенціал взаємодії, наслідком якого є додаткові ефекти. В умовах, коли взаємодія підприємств в межах інтегрованих структур не приносить бажаних ефектів, зростає потреба в актуалізації методичних підходів, що дозволяють удосконалювати механізм управління інтегрованими структурами.

На основі вивчення та систематизації наукових поглядів іноземних і вітчизняних вчених на проблему взаємодії підприємств виявлена об'єктивна тенденція посилення інтеграційних процесів між підприємствами в зв'язку з компліментарністю ресурсів, прагненням отримати доступ до ноу-хау, проривним технологіям і організаційним нововведенням. Ці процеси зумовлюють пошук нових форм взаємодії між підприємствами в будівництві.

Проаналізовано специфіку, переваги та недоліки основних методів реалізації проєктів у будівництві. Отримано висновок, що метод інтегрованої реалізації (англ. Integrated Project Delivery, IPD) є наступним етапом еволюції в організації процесу будівництва та об'єднує в собі деякі особливості традиційних методів.

Основна причина, яка стимулює запровадження методу інтегрованої реалізації проєкту в будівництві, полягає в тому, що при використанні традиційних методів реалізації відсутність сталого зв'язку між учасниками проєкту часто призводить до утворення інформаційних розривів та недостатній комунікації на різних етапах реалізації проєкту.

На підставі аналізу наукової літератури виділено основні принципи та переваги методу інтегрованої реалізації проєкту в будівництві: рання участь зацікавлених сторін; загальний ризик і винагороди; комплексний договір; спільні прийняття рішень і контроль; відмова від взаємних пре-

тензій між ключовими учасниками; спільно розроблені та затверджені цілі проєкту.

Досліджено гіпотезу та криві МакЛіммі, які представляють собою графічне відображення традиційного та інтегрованого методів реалізації проєкту в будівництві та витрати на реалізацію проєкту. На нашу думку, в цілому концепція МакЛіммі є вірною, але даний графік має дещо спрощений вигляд та не зовсім точно відображає витрати на різних етапах будівельного процесу. Отже, виникає задача щодо перевірки даної гіпотези.

Сформована модель і вирішено раніше поставлене завдання перевірки концепції ранньої участі зацікавлених сторін (графік Мак Ліммі). В рамках даної моделі проведено порівняння ефективності застосування традиційних методів реалізації будівельного проєкту та методу інтегрованої реалізації за критерієм сукупні витрати на внесення змін до проєкту. Для порівняння ефективності застосування різних методів були використані методи математичного моделювання та інтегрального числення (метод Сімпсона). В результаті розрахунків отримано, що використання інтегрованої моделі дозволяє зменшити сукупні витрати на внесення змін до проєкту на 33,3 %.

Інтегроване співробітництво повинно бути підтримане відповідною інформаційною технологією, що дозволяє безперешкодний доступ до інформації. В будівельній галузі підтримкою для інтегрованої реалізації є ідея використання інформаційного моделювання (англ. Building Information Modeling, BIM).

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Проведено порівняльний аналіз традиційних методів та методу інтегрованої реалізації в залежності від етапів будівельного проєкту. Встановлено, що застосування ідеї ранньої участі зацікавлених сторін і більш високого рівня координації й співпраці, створюють можливість виявлення помилок та нестиківок на початкових етапах реалізації проєкту, що в свою чергу дозволяє мінімізувати витрати на його переробку.

Запропоновано оцінювати ефект від інтеграції учасників реалізації будівельного проекту з позиції отриманого сукупного результату, втіленням якого є синергетичний ефект. При реалізації проектів у будівництві із застосуванням мережевої організаційної структури, найбільш цікавим та одночасно найбільш складним є дослідження питання оцінки інформаційної синергії або іншими словами синергії, що утворюється внаслідок оптимізації управління інформаційно-комунікаційними зв'язками

**Ключові слова.** ВІМ технології, знання, управління будівництвом, моделі та методи,

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Круг Георг, Кене Мария (1999). Трансфер знаний на предприятии: основные фазы и воздействующие факторы. Проблемы теории и практики управления, 4, 74-78.
2. Eveland W.P.J., Marton K., and Seo M. (2004) Moving beyond “just the facts”: the influence of online news and the content and structure of public affairs knowledge. *Communication Research*, 31, 82-108.
3. Leach D.J., Wall T.D., & Jackson P.R. (2003) The effect of empowerment on job knowledge: An empirical test involving operators of complex technology. *Journal of Occupational & Organizational Psychology*, 76, 27-52.
4. Polanyi M., Prosch H. (1975) *Meaning*. University of Chicago Press.
5. Orlikowski W.J. (2002) Knowing in practice: enacting a collective capability in distributed organizing. *Organization Science*, 13, 249-273.
6. McInemey C. (2002) Knowledge management and the dynamic nature of knowledge. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 53(12), 1009-1018.
7. Мильнер Б.З. (2005) Теория организаций: учебник. М.: ИНФРА-М, 720, 35.
8. Cross R. (1998) Managing for knowledge: managing for growth. *Knowledge Management*, 1(3), 9-13.