

Особливості використання BIM-технологій при проектуванні насосних станцій систем водопостачання та водовідведення

Олександр Кравчук, канд. техн. наук, доц.¹ (ORCID: 0000-0001-6578-8896),
Олександр Возний, студент¹ (ORCID: 0009-0004-4222-1335)

¹ Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

АНОТАЦІЯ

Розглянуто особливості використання технологій інформаційного моделювання (BIM) при проектуванні насосних станцій систем водопостачання та водовідведення. Показано, що впровадження BIM-технологій сприяє підвищенню точності проектування, скороченню термінів узгодження, оптимізації витрат і полегшенню подальшого технічного обслуговування об'єктів. Окреслено основні виклики впровадження та зазначено перспективні напрями розвитку.

Ключові слова: насосна станція, технології інформаційного моделювання, BIM-технології, водопостачання, водовідведення.

1. ВСТУП

Сучасні тенденції цифровізації будівельної галузі зумовлюють активне впровадження технологій інформаційного моделювання будівель (Building Information Modeling, BIM) [1].

BIM-технології або Building Information Modeling – це сучасний підхід до проектування, будівництва та експлуатації об'єктів, який передбачає створення єдиної, комплексної цифрової моделі будівлі з усіма її фізичними, технічними, технологічними, економічними та часовими характеристиками. Це процес віртуального будівництва, що дозволяє моделювати об'єкт на всіх етапах життєвого циклу, виявляти конфлікти та помилки ще до початку фактичного будівництва, покращувати контроль якості та підвищувати ефективність процесів [2, 3].

Для об'єктів водопостачання та водовідведення, зокрема насосних станцій, BIM-моделювання забезпечує створення інтегрованих цифрових моделей, які містять не лише просторові характеристики, а й дані про матеріали, обладнання, енергоспоживання, вартість, терміни будівництва та експлуатаційні параметри. Це дозволяє підвищити точність розрахунків, оптимізацію витрат і ефективне управління протягом усього життєвого циклу.

2. МЕТА

Мета роботи полягає у дослідженні можливостей, переваг та проблем впровадження технологій інформаційного моделювання (BIM) під час проектування, будівництва й експлуатації насосних станцій систем водопостачання та водовідведення.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Переваги використання BIM-технологій при проектуванні насосних станцій

BIM-підхід базується на концепції єдиного цифрового простору, де всі учасники проекту мають доступ до актуальної інформації про об'єкт. Це дозволяє зменшити кількість проектних помилок, забезпечити узгодженість технічних рішень і підвищити ефективність взаємодії між архітекторами, інженерами, технологами та замовником.

Насосні станції систем водопостачання та водовідведення є складними інженерними об'єктами, що поєднують різні типи інженерних систем – гідравлічні, електротехнічні, вентиляційні, конструктивні та автоматизовані. Вони мають високу щільність обладнання, компактне розташування і потребують максимальної точності при розміщенні трубопроводів, насосних агрегатів, арматури, систем автоматики, резервуарів і допоміжного обладнання [4].

Для створення BIM-моделі насосної станції можуть використовуватись сучасні BIM-платформи, такі як Autodesk Revit, Civil 3D, Plant 3D, Bentley OpenBuildings Designer, Allplan Engineering або Tekla Structures. Кожна з них забезпечує можливість деталізованого моделювання геометрії, прив'язки до координатної системи місцевості, а також інтеграції з іншими інженерними розділами проекту.

Використання BIM-технологій дозволяє:

1. Координувати роботу архітекторів, інженерів і технологів. Усі фахівці працюють з однією спільною моделлю, у якій зміни вносяться централізовано. Це забезпечує узгодженість між планувальними рішеннями будівлі, системами трубопроводів, електропостачання, вентиляції та автоматизації та мінімізує непередбачені зміни під час будівництва, що знижує фінансові ризики.

2. Уникати колізій між системами трубопроводів, електрообладнанням і конструктивними елементами. У процесі моделювання є можливість визначити проблеми ще на етапі проектування, до виходу на будівельний майданчик. Для насосних станцій, де в одному просторі часто розміщуються десятки трубопроводів і кабельних трас, така координація є критично важливою для безпечної та ефективної роботи.

3. Автоматизувати підбір насосного обладнання, арматури та систем керування. BIM-моделі можуть містити параметричні сімейства насосів, засувок, клапанів і датчиків з реальними технічними характеристиками від виробників. Це дає можливість автоматично розраховувати необхідну продуктивність, напір і енергоспоживання системи, а також формувати специфікації обладнання без ручного введення даних. Інтеграція з програмами для гідравлічних розрахунків (наприклад, WaterCAD, EPANET) дозволяє проводити аналітичні перевірки працездатності системи безпосередньо на основі BIM-моделі.

4. Створювати цифрові паспорти об'єктів для подальшої експлуатації. Кожен елемент насосної станції в BIM-моделі

має унікальні метадані – виробника, серійний номер, дату встановлення, технічні характеристики, графік обслуговування та залишковий ресурс. Після завершення будівництва ці дані формують цифровий паспорт об'єкта, який використовується під час експлуатації, ремонту та модернізації.

Окрім наведеного, BIM-технології сприяють оптимізації витрат через автоматичне формування кошторисної документації, скороченню термінів проектування завдяки спільній роботі у єдиному середовищі, а також підвищенню якості рішень завдяки візуалізації процесів і можливості 3D-аналізу.

Таким чином, впровадження BIM-технологій у проектування насосних станцій дозволяє перейти від традиційного, фрагментованого підходу до інтегрованої цифрової інженерії, у якій усі рішення приймаються на основі точних, взаємопов'язаних даних. Це не лише підвищує якість проєктів, але й створює основу для ефективного управління об'єктом упродовж усього життєвого циклу.

3.2. Основні виклики

Попри значний потенціал, який відкриває BIM-технологія для інженерного та гідротехнічного проектування, її впровадження у сфері водопостачання та водовідведення в Україні досі стикається з низкою організаційних, технічних та кадрових викликів.

Основні виклики:

- відсутність єдиних стандартів і шаблонів для об'єктів систем водопостачання та водовідведення: бракує типових бібліотек об'єктів, параметричних сімейств і стандартів моделювання, що призводить до того, що кожна проєктна організація створює власні напрацювання, що ускладнює обмін даними та робить процес менш ефективним;

- недостатня підготовка фахівців у сфері BIM-інженерії: інженери здебільшого мають традиційну підготовку, орієнтовану на 2D-проективання, тоді як робота в BIM вимагає знань з параметричного моделювання, управління даними, програмної інтеграції та хмарних технологій;

- потреба у взаємодії між різними програмними середовищами (інтероперабельність): різні учасники проєкту часто використовують різні програмні продукти (Autodesk Revit, Civil 3D, ArchiCAD, Tekla, SCADA-системи тощо), які не мають повної сумісності, що ускладнює обмін даними, призводить до втрати частини інформації при експорті/імпорті моделей, унеможливорює безперервну роботу над спільним цифровим прототипом.

3.3. Перспективні напрями розвитку

Попри наявні бар'єри, розвиток BIM у сфері водопостачання та водовідведення демонструє позитивну динаміку. Найбільш перспективними є такі напрями:

- розробка стандартів BIM для водної інфраструктури: створення нормативно-методичної бази, що визначатиме вимоги до структури моделей, рівнів деталізації, форм обміну даними та інтеграції з гідравлічними розрахунками. Національні стандарти мають гармонізуватися з європейськими (EN ISO 19650, BS 1192), що сприятиме участі українських компаній у міжнародних проєктах;

- створення BIM-бібліотек обладнання насосних станцій: формування національних і корпоративних бібліотек цифрових компонентів (насоси, засувки, клапани, датчики, резервуари, автоматика тощо) дозволить стандартизувати моделювання об'єктів, скоротити час

проективання та підвищити точність розрахунків. Такі бібліотеки можуть містити не лише геометрію, а й технічні дані, енергоспоживання, коди виробників та специфікації для експлуатаційних систем;

- впровадження технологій цифрового двійника (Digital Twin) – створення динамічної віртуальної копії фізичного об'єкта, яка отримує дані у реальному часі через систему датчиків. Для насосних станцій це означає можливість моніторингу продуктивності, тиску, рівня споживання енергії та стану обладнання в інтерактивному середовищі.

Також важливим для розвитку BIM у сфері водопостачання та водовідведення є наявність кваліфікованих спеціалістів, які володіють знаннями як у водній інженерії, так і в цифровому моделюванні.

Підготовка кваліфікованих кадрів можлива через створення нових та оновлення існуючих освітніх програм у технічних університетах [5], впровадження короткотермінових курсів BIM та підготовку мультидисциплінарних команд.

4. ВИСНОВКИ

BIM-технології забезпечують комплексний підхід до проектування та експлуатації насосних станцій систем водопостачання та водовідведення. Вони дозволяють підвищити точність проєктів, зменшити кількість помилок, оптимізувати витрати та полегшити подальше обслуговування об'єктів. Попри наявні виклики – нестачу стандартів, сумісності програм і потребу у фахівцях, BIM стає основою цифрової трансформації водної інженерії. Його розвиток у поєднанні з сучасними технологіями і штучним інтелектом сприятиме створенню ефективної та надійної інженерної інфраструктури.

Список літератури

- [1] Safikhani S., Keller S., Schweiger G., Pirker J. Immersive virtual reality for extending the potential of building information modeling in architecture, engineering, and construction sector: systematic review. *International Journal of Digital Earth*. 2022. Vol. 15, No 2. P. 503-526. DOI: <https://doi.org/10.1080/17538947.2022.2038291>
- [2] Київська К., Лузіна Ю. Перспективи впровадження BIM-технологій у вітчизняній будівельній галузі. *Управління розвитком складних систем*. 2021. Вип. 46. С. 63-69. DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.46.63-69>
- [3] Білов В., Левченко О. BIM як анатомія для будівлі. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2024. Вип. 70. С. 32-45. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2024.70.32-45>
- [4] Кравчук О., Андріященко О., Левітін В., Єремченко Л., Лаврухіна К. Рекомендації щодо особливостей роботи насосних станцій водопостачання та водовідведення в період воєнних дій. *Містобудування та територіальне планування*. 2024. Вип. 85. С. 268-276. DOI: <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2024.85.268-276>
- [5] Левченко О., Михайленко А. BIM-технології в закладах вищої освіти рівня підготовки бакалавр та магістр. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2022. Вип. 62. С. 152-170. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2022.62.152-170>