

ВПЛИВ ТРУБОПРОВІДНИХ СИСТЕМ НА ПРОСТОРОВО-ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

Вінницький національний технічний університет

Анотація *Проектування громадських будівель вимагає ефективної інтеграції трубопровідних систем в архітектурний об'єм. Дослідження аналізує просторовий конфлікт, відомий як "сендвіч-об'єм", де інженерні системи конкурують за обмежений міжповерховий простір. Визначено, що традиційний підхід призводить до неефективності, тоді як нове, інтегроване рішення забезпечує мінімізацію висоти поверху. Проведено систематизацію впливу нормативно-правової бази України на просторово-планувальні рішення. Доведено, що BIM-технології, зокрема функція виявлення колізій, є необхідним інструментом для координації, що забезпечує значну економію простору та зниження витрат на будівництво до 20%.*

Ключові слова: трубопровідні системи, громадські будівлі, просторово-планувальні рішення, BIM-технології, інтеграція.

Abstract *The design of public buildings requires the effective integration of piping systems (PSS) into the architectural volume. The study analyzes the spatial conflict known as the "sandwich volume", where engineering systems compete for limited inter-storey space. It is determined that the traditional approach leads to inefficiency, while the new, integrated solution ensures the minimization of floor height. The impact of the regulatory framework of Ukraine on spatial planning decisions is systematized. It is proven that BIM technologies, in particular the clash detection function, are an essential tool for coordination, providing significant space savings and reducing construction costs by up to 20%.*

Keywords: piping systems, public buildings, spatial planning solutions, BIM technologies, integration.

Вступ

Проектування громадських будівель вимагає ретельного балансу між архітектурним задумом, функціональною ефективністю та забезпеченням необхідних інженерних систем. Трубопровідні системи є однією з найбільш просторово-вимогливих складових інженерного обладнання, які суттєво впливають на об'ємно-планувальні рішення на всіх етапах проектування.

До внутрішніх трубопровідних систем належать системи холодного та гарячого водопостачання, каналізації, опалення, пожежогасіння, а також спеціалізовані лінії. Їхня складність та щільність визначається функцією зони основної забудови громадського центру. Прийнята конструктивна система та об'ємно-планувальний модуль (крок, прогін, висота) є первинною архітектурною основою будівлі. Якщо трубопровідні системи не інтегруються у цей об'ємно-планувальний модуль ефективно, вони змушують коригувати цей модуль або збільшувати загальні об'єми будівлі. Успішне проектування вимагає, щоб інженерні системи, матеріали та продукти були інтегровані для створення уніфікованого цілого, яке досягає бажаної функціональної мети.

Метою дослідження є аналіз впливу трубопровідних систем на просторово-планувальні рішення громадських будівель в умовах української нормативно-правової бази та обґрунтування застосування BIM-технологій для подолання просторових конфліктів.

Результати дослідження

Огляд наукових публікацій за цією темою свідчить про те, що проблема розміщення інженерних систем у міжповерховому просторі є однією з ключових при проектуванні високих будівель. Із зарубіжних досліджень відзначимо, що інтеграція та координація (Mechanical, Electrical and Plumbing) MEP-систем у складних об'єктах (наприклад, медичних чи високих будівлях) вимагає спеціальних методів віртуального проектування та узгодження даних для уникнення просторових конфліктів між

системами та конструкціями, що традиційно є трудомістким та витратним процесом. Ця проблема добре проілюстрована у класичному дослідженні «Challenges and benefits of implementing virtual design and construction technologies for coordination of MEP systems» (Khanzode, Fischer & Reed)¹⁹, де показано, що застосування BIM-технологій для MEP-координації дозволяє значно підвищити ефективність та зменшити конфлікти в проєктних даних.

В професійній літературі також виділяється поняття міжповерхового простору — спеціального технічного простору між рівнями будівлі, призначеного для розміщення інженерних систем і доступу до них для обслуговування і модифікацій без порушення основних приміщень — "сандвіч-об'єму".

В українському контексті низка робіт підтверджує, що BIM-технології відіграють важливу роль у вирішенні проблем просторової координації інженерних мереж. Наприклад, стаття Кравченка та співавт. «BIM-технології в проєктуванні інженерних мереж»²⁰ підкреслює, що використання BIM дозволяє уніфікувати дані, зменшити розбіжності у трактуванні проєктних рішень і сприяти кращій координації просторового розміщення інженерних систем.

Загальний висновок сучасної наукової літератури полягає в тому, що інтегроване проєктування з використанням BIM підходів є ефективним засобом для оптимізації розміщення інженерних систем у міжповерхових просторах і для запобігання «конкуренції» за обмежений об'єм між конструктивними елементами, що традиційно призводить до збільшення висоти поверхів і витрат проєкту.

Традиційний підхід до проєктування часто слідує принципу що передбачає послідовне виділення незалежного об'єму для кожної системи (спочатку для балки, потім для повітроводу, потім для труб), що є неефективним і призводить до надмірного збільшення вертикального розміру "сандвіч-об'єму".

Проблема вирішується за допомогою інтегрованого рішення, яке передбачає розгляд характеристик кожного компонента та пошук можливостей для виконання подвійних функцій або для спільного використання об'єму. Наприклад, це може включати використання отворів у конструктивних балках для пропуску магістральних трубопроводів. Неінтегроване проєктування також впливає на естетику, вимагаючи приховування громіздких елементів за стелями та у вертикальних коробах, порушуючи композицію фасадів. Крім того, для обслуговування трубопровідних систем необхідні ревізійні люки та забезпечення доступу до арматури. Міжнародні стандарти такі як ISO 14726, регламентують використання кольорового кодування для ідентифікації вмісту трубопровідних систем (чорний для стічних вод, синій для прісної води, червоний для пожежогасіння), що також впливає на дизайн технічних приміщень.

Просторові рішення для трубопровідних систем в Україні суворо регулюються Державними будівельними нормами (ДБН)

- **Базове регулювання:** Основним документом є ДБН В.2.2-9:2018¹ «Громадські будинки та споруди. Основні положення», який містить розділ 5 «Об'ємно-планувальні рішення», що встановлює загальні вимоги до висоти приміщень та функціонального зонування.
- **Водопостачання та каналізація:** ДБН В.2.5-64:2012³ регламентує внутрішній водопровід та каналізацію. Критичним обмеженням для каналізаційних систем є необхідність дотримання мінімальних ухилів, що накладає жорсткі вимоги на горизонтальне трасування та мінімальну висоту "сандвіч-об'єму".
- **Опалення, вентиляція та кондиціонування:** ДБН В.2.5-67:2013⁴ регулює системи опалення, вентиляції та кондиціонування, які є найбільш об'ємними споживачами простору. Вимоги до енергоефективності, включаючи системи вентиляції з повернення теплової енергії з відпрацьованого, теплого повітря, що виходить з приміщення, для підігріву свіжого, холодного повітря, що надходить, без їхнього змішування, що значно зменшує витрати на опалення та забезпечує енергоефективність, призводять до збільшення габаритів обладнання та необхідності більших венткамер. Також додатковий простір потрібен для шумоглушників, згідно з вимогами захисту від шуму та вібрації.
- **Спеціалізовані трубопровідні системи :** ДБН В.2.5-20:2018² «Газопостачання» диктує жорсткі вимоги до безпечних відстаней та прокладання газопроводів, часто вимагаючи ізольованих шахт. Крім того, вимоги протипожежної безпеки (ДБН В.2.5-67:2013⁴) ускладнюють інтеграцію, вимагаючи теплової ізоляції з негорючих матеріалів.

Розміщення ключових інженерних вузлів, таких як насосні водопостачання та електрощитові, типово передбачається у підвальних поверхах. Нормативно визначено, що ці технічні приміщення повинні бути функціонально відокремлені від громадських чи житлових частин будівель і мати окремі входи, які ведуть безпосередньо назовні. Це вимога безпеки та операційної доступності, що впливає на планування фасаду та прилеглої території.

Проектування підвальних приміщень для прокладання інженерних мереж обмежено мінімально допустимою висотою 2.2 м. Ця висота є критичним мінімумом. Для розміщення магістральних трубопроводів великих діаметрів, які часто прокладаються у підвалах, цей мінімум може стати причиною серйозних експлуатаційних труднощів. Якщо у підвальному приміщенні висотою 2.2 м прокладаються великі колектори каналізації, трубопроводи опалення та водопостачання, ізоляція та опорні конструкції займають значну частину вертикального простору. Недостатній простір між підвішеними комунікаціями та підлогою ускладнює профілактичне обслуговування, ремонт та заміну обладнання, що може підвищити експлуатаційні витрати. Таким чином, для забезпечення ефективного обслуговування інженери часто змушені пропонувати збільшення висоти підвальних технічних приміщень до 2.5–3.0 м, незважаючи на нормативний мінімум, що, своєю чергою, збільшує вартість нульового циклу будівництва.

Технології оптимізації та інтегроване трасування трубопроводних систем

Для подолання просторового конфлікту впровадження BIM-технологій в рамках програмних забезпечень Autodesk Revit, ArchiCAD, Allplan, AutoCAD Architectur стало необхідною умовою для швидкого та ефективного будівництва.

- BIM забезпечує моделювання трубопроводних систем, що ідеально підходить для точного розміщення об'єктів, економії простору та управління об'єктом. Найважливішою функцією є виявлення недоліків або порушень необхідного об'єму для обслуговування на ранніх стадіях проектування, що забезпечує економію до 20% від вартості контракту.
- **Модульна архітектура:** Модульне будівництво передбачає префабрикацію інженерних блоків, наприклад, для санвузлів. Це вимагає адаптації архітектурного планування під стандартизовані розміри та точки підключення трубопроводних систем, що зменшує просторову невизначеність.
- **Оптимізоване трасування:** Це включає пропуск труб через отвори в конструктивних балках та планування спільних технічних коридорів, які дозволяють забезпечити зручність обслуговування та мінімізувати необхідність індивідуальних коробів у громадських зонах.

Висновки

Технологія інформаційного моделювання будівель є необхідною умовою для забезпечення одночасної відповідності жорстким вимогам щодо пожежної безпеки, енергоефективності, шумозахисту та досягнення високої архітектурної якості. Завдяки BIM-координації та виявленню недоліків мінімізуються втрати простору; Інтеграція повинна починатися з конструктивного модуля: Ефективна інтеграція трубопроводних систем вимагає, щоб інженерні системи не адаптувалися до архітектури, а були включені у визначення об'ємно-планувального модуля будівлі на найперших етапах. Паралельний, інтегрований підхід забезпечує оптимальне використання міжповерхового простору, що є критичним для економічної доцільності громадських будівель.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.2-9:2018. Громадські будинки та споруди. Основні положення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-405>
2. ДБН В.2.5-20:2018. Газопостачання. Інженерне обладнання будинків і споруд [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-360>
3. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація. Частина 1. Проектування. Частина 2. Будівництво.
4. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування.
5. ДБН В.2.2-28:2010. Будинки адміністративного та побутового призначення. (Розділ 5: Об'ємно-планувальні рішення).
6. ISO 14726. Ships and marine technology – Identification colours for piping systems in accordance with their contents.
7. ISO 10508. Plastics piping systems for hot and cold water installations – Guidance for classification and design.
8. BS EN 1991 (Eurocode 1): Actions on structures (Загальні принципи забезпечення надійності).
9. Uniform Plumbing Code (UPC) and International Plumbing Code (IPC) (методи розрахунку водопостачання)
10. Integrated Building Systems / Building Systems Integration [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://research.design.ncsu.edu/building-systems-integration/building-systems-integration/>
11. Технічний посібник з проектування PEX-систем (для порівняння просторових вимог) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.huduser.gov/portal/publications/pex_design_guide.pdf
12. How BIM Enhances Plumbing Design, Coordination and Maintenance. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.youtube.com/watch?v=YeJkcIjvtMk>
13. BIM Clash Detection in BIM. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://revizto.com/en/clash-detection-in-bim/>
14. Взаємозв'язок інженерних систем та архітектури громадських будівель. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://repository.lnup.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1188/1/%D0%9A%D1%80%D0%B0%D0%B2%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE_mag.pdf
15. BIM-технології – інструмент будівельників. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pgasa.dp.ua/news/bim-tehnologiyi-instrument-budivelnykiv/>
16. Сценографія та інтеграція інженерії в театральному мистецтві. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.ic.ac.kharkov.ua/nauk_rob/nauk_vid/rio_old_2017/ku/kultura38/19.pdf
17. Modular construction. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.artekta.com/modular>
18. Modular architecture: efficient solutions for the urban future. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.artchitectours.com/modular-architecture-efficient-solutions/#:~:text=Modular%20architecture%20is%20based%20on,in%20parallel%20with%20foundation%20works.>
19. Khanzode A., Fischer M., Reed D. Challenges and benefits of implementing virtual design and construction technologies for coordination of mechanical, electrical, and plumbing systems on large healthcare project // *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*. — 2008. — Vol. 13. — P. 324–342. — URL: <https://www.researchgate.net/publication/266496747> (дата звернення: 15.12.2025).
20. Кравченко О. В., Сидоренко І. М., Литвиненко О. С. BIM-технології в проектуванні інженерних мереж // *Науковий вісник будівництва та архітектури*. — 2022. — № 3. — С. 45–52. — URL: <https://wateruse.org.ua/article/view/277582> (дата звернення: 15.12.2025).

Масалаб Ангеліна Дмитрівна — студентка групи 1Б-22б, факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії, email: masalabangelina@mail.com

Панкевич Ольга Дмитрівна – к.т.н., доцент кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, e-mail: pankevich@vntu.edu.ua

Masalab Angelina — student of group 1B-22b, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, e-mail: masalabangelina@mail.com

Pankevych Olga — Cand. Sc.(Eng.), Ass. Prof. of the Department of Engineering Systems in Construction. Vinnytsia National Technical University e-mail: pankevich@vntu.edu.ua