

УДК 711.4

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2026.48.2026.4>**Захарчук О. П.**

к.т.н., доцент кафедри транспорту і логістики,
Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль
ORCID: 0000-0002-4359-5644

Шпінталь М. Я.

к.т.н., доцент кафедри комп'ютерних наук,
Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль
ORCID: 0000-0002-9864-7050

Бряк М. В.

к.т.н., доцент кафедри транспорту і логістики,
Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль
ORCID: 0000-0001-5332-1498

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ BIM-ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ

Анотація. У статті досліджено ефективність використання BIM-технологій під час проектування вентиляційних систем будівель з урахуванням сучасних вимог до енергоефективності, якості проектної документації та комплексної координації розділів проекту. Актуальність дослідження обумовлена зростанням складності інженерних систем, підвищенням вимог до точності інженерних розрахунків і необхідністю мінімізувати кількість помилок та змін на завершальних етапах проектування. У роботі здійснено огляд сучасних наукових праць, присвячених використанню BIM (Building Information Modeling – інформаційне моделювання будівель) у проектуванні систем вентиляції та MEP-координації (Mechanical, Electrical, Plumbing – координація механічних, електротехнічних і сантехнічних інженерних систем). Також окреслено ключові проблемні аспекти, пов'язані з інтеграбельністю програмних середовищ, інтеграцією інженерних розрахунків у BIM-модель та відсутністю уніфікованих підходів до оцінювання результативності застосування BIM-технологій. Методологія дослідження ґрунтується на застосуванні порівняльного та аналітичного підходів до оцінювання програмних продуктів для BIM-проектування систем вентиляції, зокрема Autodesk Revit MEP, AutoCAD MEP, MagiCAD, DDS-CAD HVAC та ArchiCAD MEP Modeler. Оцінювання здійснювалося за показниками трудомісткості проектування, якості координації інженерних систем, точності формування специфікацій, узгодженості BIM-моделі з результатами інженерних розрахунків і кількості змін на завершальних стадіях проекту. Встановлено, що використання розглянутих програм забезпечує суттєве підвищення якості проектних рішень, зменшення кількості колізій і помилок у робочій документації, а також зменшення тривалості проектних робіт у порівнянні з традиційними CAD-методами. Отримані результати можуть бути використані для обґрунтування вибору програмного забезпечення та оптимізації проектних процедур у сфері розроблення систем вентиляції.

Ключові слова: BIM-технології, системи вентиляції, інформаційне моделювання будівель, перевірка колізій, інженерні розрахунки, проектна документація.

Постановка проблеми. Проектування систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря є складним багатофакторним процесом, який безпосередньо впливає на енергоефективність будівель, якість мікро-

клімату та загальну вартість будівництва і експлуатації об'єктів. Сучасні вентиляційні системи характеризуються високим рівнем технічної складності, значною кількістю взаємопов'язаних елементів і необ-

хідністю інтеграції з іншими інженерними мережами будівлі, що ускладнює процес їх проектування та підвищує ризик виникнення помилок.

Традиційні підходи до проектування, які базуються на використанні CAD-систем, не забезпечують належного рівня інтеграції інженерних розрахунків, координації між розділами проекту та автоматизації процесів прийняття інженерних рішень. Це призводить до підвищення трудомісткості проектування, виникнення колізій між інженерними системами, збільшення кількості змін на завершальних стадіях реалізації проекту та, як наслідок, до зростання витрат часу і ресурсів.

Впровадження BIM-технологій створює передумови для формування єдиного інформаційного середовища, яке забезпечує інтеграцію геометричних, технічних та розрахункових даних у межах цифрової моделі будівлі. Однак, незважаючи на значний потенціал BIM-підходу, на практиці існує низка проблем, пов'язаних із недостатньою сумісністю програмних продуктів, складністю інтеграції інженерних розрахунків у BIM-модель, а також відсутністю уніфікованих критеріїв оцінювання ефективності використання BIM-технологій у проектуванні систем вентиляції.

Таким чином, актуальним є завдання комплексного дослідження ефективності застосування BIM-технологій у проектуванні вентиляційних систем, визначення основних проблем їх впровадження та формування обґрунтованих підходів до оцінювання результативності їх використання в порівнянні з традиційними методами проектування.

Аналіз останніх досліджень. Впровадження BIM-технологій значно підвищує ефективність проектування та координації систем вентиляції порівняно з традиційними методами. Інтеграція технологій BIM із автоматизованими ОВКВ-інструментами дає можливість оптимізувати робочі параметри вентиляції на стадії комп'ютерного проектування [1]. Зазначається, що повна реалізація потенціалу інформаційного моделювання можлива лише тоді, коли вся проектна інформація зосереджена в одній узгодженій цифровій моделі. Обмежена сумісність програмних засобів, недосконалість стандартів обміну даними між BIM і BEM-інструментами (Building Energy Modeling) перешкоджають практичній реалізації цієї інтеграції [2].

У науковій літературі багато уваги приділяється питанню виявлення, структурування та усунення колізій між інженерними системами [2, 4]. Водночас недостатньо систематизовано перелік показників, за якими визначається ефективність застосування BIM у проектуванні систем вентиляції. Наукові дослідження переважно зосереджені на аналізі окремих програм або окремих прикладів застосування [3], тоді як комплексні порівняння BIM-підходу з традиційним CAD-проектуванням у реальних умовах діяльності проектних організацій є недостатніми. Актуальним залишається питання інтеграції інженерних розрахунків вентиляційних систем із BIM-моделлю для мінімізації ручного внесення інформації та зменшення кількості помилок при обміні інформацією між програмами. Незважаючи на очевидні переваги BIM-технологій у координації систем вентиляції та перевірці MER-проектів, відсутній стандартний підхід до оцінювання їх ефективності безпосередньо в проектуванні вентиляції. Це зумовлює потребу в комплексному аналізі програмних рішень та оцінці результативності застосування BIM-технологій у цій сфері. [2].

Мета роботи. Основною метою є здійснення комплексної оцінки ефективності застосування BIM-технологій у процесі проектування систем вентиляції з урахування рівня інтероперабельності, якості міждисциплінарної координації, точності формування специфікацій, і впливу BIM-підходу на розрахункові процеси та кількість коригувань на фінальних стадіях проектування. Для досягнення поставленої мети у роботі здійснено аналіз сучасних програмних рішень для проектування вентиляційних систем, з позицій моделювання, координації та перевірки колізій. Крім того оцінюється рівень узгодженості BIM-моделей із розрахунковими модулями та форматами обміну даними IFC і BEM. За отриманими результатами формуються критерії та показники, що дозволяють здійснити оцінку ефективності використання BIM-технологій у проектуванні систем вентиляції та порівняти їх із традиційними CAD-підходами.

Результати досліджень. Дослідження ґрунтуються на аналізі наукових публікацій і нормативної документації, та порівняльному аналізі програмних рішень для проектування систем вентиляції. У роботі застосовано аналітичний і порівняльний методи, завдяки чому здійснено оцінювання ефективності BIM-орієнтованого

та традиційного CAD-підходів у типових умовах проєктування систем вентиляції.

Оцінювання проводилося шляхом аналізу функціональних можливостей програмних продуктів для моделювання, координації інженерних систем, перевірки колізій, формування а обміну даними з розрахунковими модулями з урахуванням підтримки форматів IFC і BEM. Ефективність застосування BIM-технологій визначалася також за рівнем узгодженості з інженерними розрахунками та кількістю змін на завершальних стадіях проєктування.

Autodesk Revit MEP є BIM-орієнтованим програмним середовищем що спеціалізується на проєктуванні інженерних систем споруд, зокрема вентиляції, кондиціювання повітря та опалення. За допомогою цієї програми створюються об'ємні інформаційні моделі вентиляційних систем в контексті всієї будівлі з урахуванням її архітектурних та несучих конструкцій. Повітропроводи, фасонні частини, вентиляційне обладнання та інші елементи системи вентиляції. Кожен елемент системи вентиляції, такий як повітропроводи, фасонні частини, вентиляційне обладнання, містить параметричні дані, що дозволяє автоматизувати формування специфікацій, відомостей матеріалів та обсягів робіт на основі даних інформаційної моделі [4].

Можливість виконання перевірки колізій між інженерними мережами, є суттєвою перевагою Revit MEP. Це дає можливість ще на стадії проєктування усувати конфлікти між їх елементами [2], а отже і мінімізувати число помилок у робочій документації та підвищити якість проєкту. Autodesk Revit MEP є одним із найбільш поширених програмних продуктів в практиці сучасних проєктних організацій, однак для виконання детальних інженерних розрахунків систем вентиляції його доцільно поєднувати із спеціалізованими розрахунковими модулями.

AutoCAD MEP спеціалізується на виконанні двомірних та тримірних креслень інженерних систем із використанням спеціалізованих бібліотек елементів вентиляції. Програмний продукт функціонує на основі класичного середовища AutoCAD, що робить його зрозумілим та доступним для користувачів, які мають досвід роботи з CAD-системами.

На відміну від BIM-рішень, AutoCAD MEP не створює повноцінну інформаційну модель будівлі, проте забезпечує належний рівень точності і наочності при розробці робочих креслень вентиляційних систем. З огляду на відносну простоту у вивченні та високу сумісність з нормативною графічною документацією AutoCAD MEP широко використовується на етапі розроблення робочої доку-

Таблиця 1. Порівняльна характеристика програмних продуктів для проєктування систем вентиляції

Програмний продукт/ Тип проєктування	Основні можливості	Переваги	Обмеження
Autodesk Revit MEP/BIM (3D)	3D-моделювання вентиляції, автоматичні специфікації, координація інженерних мереж, перевірка колізій	Інформаційна модель будівлі, висока наочність, інтеграція з архітектурою	Обмежені вбудовані інженерні розрахунки
AutoCAD MEP/ CAD (2D/3D)	Креслення вентиляційних систем, бібліотеки елементів, робоча документація	Простота освоєння, відповідність стандартам креслення	Відсутність повноцінного BIM та автоматичних розрахунків
MagiCAD/BIM + розрахунки	Аеродинамічні розрахунки, підбір вентиляторів, аналіз шуму, каталоги виробників	Висока точність, професійні інженерні розрахунки	Висока вартість, потребує базової BIM-платформи
DDS-CAD HVAC/ BIM (3D)	Моделювання вентиляції, автоматичні розрахунки, специфікації	Комплексний підхід, автоматизація	Менш поширений в Україні
ArchiCAD MEP Modeler/BIM (3D)	Базове проєктування вентиляції, інтеграція з архітектурною моделлю	Зручний при роботі в ArchiCAD	Обмежені інженерні розрахунки

ментації та підготовки комплектів креслень для здійснення будівельно-монтажних робіт.

MagiCAD є спеціалізованим програмним комплексом, призначеним для детального проєктування та інженерного розрахунку систем вентиляції, що має інтеграцію з Autodesk Revit і AutoCAD. Однією з головних переваг MagiCAD є інтеграція вбудованих модулів інженерних розрахунків. Це дає можливість визначати витрати повітря, втрати тиску, рівні шуму, а також виконувати підбір вентиляційного обладнання на основі реальних каталогів виробників. Програма забезпечує автоматизований підбір діаметрів повітропроводів та дає змогу перевірити, чи відповідає система нормативним вимогам. Використання MagiCAD значно підвищує точність проєктних рішень і зменшує час, необхідний для виконання складних інженерних розрахунків [5], тому програма широко застосовується в професійних проєктних організаціях і вважається одним з базових рішень для комплексного BIM-проєктування систем вентиляції.

DDS-CAD HVAC поєднує можливості тривимірного моделювання та автоматичних інженерних розрахунків та дає можливість формувати повноцінну інформаційну модель вентиляційної системи з урахуванням аеродинамічних розрахунків та технічних характеристик інженерного обладнання. Перевагою DDS-CAD HVAC є висока автоматизація процесу розрахунків, що мінімізує ймовірність допущення помилок [6]. Попри те, що в Україні ця програма менш популярна ніж Revit MEP, вона характеризується значним технічним потенціалом і широко поширена в країнах Європейського Союзу.

ArchiCAD MEP Modeler є додатковим модулем до ArchiCAD, котрий застосовується для базового проєктування інженерних мереж, зокрема вентиляції. Його вико-

ристання є обґрунтованим у випадках, коли архітектурна частина будівлі вже виконана в середовищі ArchiCAD. Таким чином забезпечується зручна інтеграція інженерних систем у загальну модель будівлі [7]. Цей модуль дає можливість створювати тривимірні моделі повітропроводів і вентиляційного устаткування, здійснювати підготовку креслень і визначати основні об'ємні показники. Водночас ArchiCAD MEP Modeler має обмежені функціональні можливості у порівнянні з Revit MEP, через що він зазвичай використовується для концептуального або спрощеного проєктування інженерних систем.

Висновки. За результатами проведеного дослідження визначено, що застосування BIM-технологій у проєктуванні систем вентиляції демонструє вагомі переваги порівняно з традиційними CAD-підходами, зокрема шляхом підвищення якості проєктної документації, покращення міждисциплінарної координації та скорочення кількості помилок і коригувань на заключних стадіях проєктування. Проведений аналіз функціональних можливостей сучасних програмних продуктів показав, що Autodesk Revit MEP є ефективною базовою BIM-платформою для проєктування інформаційної моделі систем вентиляції і перевірки колізій, тоді як використання спеціалізованих програмних рішень, таких як MagiCAD, доцільно використовувати для підвищення точності інженерних розрахунків. Разом з тим AutoCAD MEP та ArchiCAD MEP Modeler доцільно використовувати для розроблення робочих креслень або проєктів невисокої складності. Отримані результати підтверджують доцільність комплексного BIM-підходу та можуть бути використані для обґрунтованого вибору програмних засобів для проєктування вентиляційних систем.

Література

1. Ailem R., Boton C. Automating clash relevance filtering in BIM-based multidisciplinary coordination using machine learning. *Automation in Construction*. 2026. Vol. 181. Art. 106644. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2025.106644>
2. Dai M., Li H., Wang S. Event-driven demand response control of air-conditioning to enable grid-responsive buildings. *Automation in Construction*. 2023. Vol. 150. Art. 104815. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104815>
3. Noveiri P. B., Zaheeruddin M., Han S. A BIM-based approach for optimizing HVAC design and air distribution system layouts in panelized houses. *Proceedings of the 37th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2020)*. International Association for Automation and Robotics in Construction, 2020 pp. 326-333 <https://doi.org/10.22260/ISARC2020/0047>
4. Waas L., Enjellina Review of BIM-Based Software in Architectural Design: Graphisoft ArchiCAD vs Autodesk Revit. *Journal of Artificial Intelligence in Architecture (JARINA)*. 2022. Vol. 1, No. 2. pp. 14–22. <https://doi.org/10.24002/jarina.v1i2.6016>
5. Petersen A. J. A BIM-based framework for quantifying embodied emissions from MEP systems in building life cycle assessments. *E3S Web of Conferences*. 2024. Vol. 562. Art. 02001. https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2024/92/e3sconf_bsn2024_02001/e3sconf_bsn2024_02001.html
6. Mistry V. Building Information Modeling (BIM) integration with HVAC automation. *Journal of Civil Engineering Research & Technology*. 2020. Vol. 2, No. 2. P. 1–5. https://www.researchgate.net/publication/378406024_Building_Information_Modeling_BIM_Integration_with_HVAC_Automation
7. Фесенко О., Фільченкова Я., Прохорова В., Третяк А. Можливості ArchiCAD щодо виявлення колізій у роботі з BIM і MEP // *BMC-2024 – International Scientific-Practical Conference*. Київ, 2024. URL: <https://repository.knuba.edu.ua/handle/123456789/15509>

References

1. Ailem, R., & Boton, C. (2026). Automating clash relevance filtering in BIM-based multidisciplinary coordination using machine learning. *Automation in Construction*, 181, 106644. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2025.106644>
2. Dai, M., Li, H., & Wang, S. (2023). Event-driven demand response control of air-conditioning to enable grid-responsive buildings. *Automation in Construction*, 150, Article 104815. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104815>
3. Noveiri, P. B., Zaheeruddin, M., & Han, S. (2020). A BIM-based approach for optimizing HVAC design and air distribution system layouts in panelized houses. *Proceedings of the 37th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2020)*. International Association for Automation and Robotics in Construction. <https://doi.org/10.22260/ISARC2020/0047>
4. Waas, L., & Enjellina. (2022). Review of BIM-Based Software in Architectural Design: Graphisoft ArchiCAD vs Autodesk Revit. *Journal of Artificial Intelligence in Architecture (JARINA)*, 1(2), 14–22. <https://doi.org/10.24002/jarina.v1i2.6016>
5. Petersen, A. J. (2024). A BIM-based framework for quantifying embodied emissions from MEP systems in building life cycle assessments. *E3S Web of Conferences*, 92, 02001. https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2024/92/e3sconf_bsn2024_02001/e3sconf_bsn2024_02001.html
6. Mistry, V. (2020). Building Information Modeling (BIM) integration with HVAC automation. *Journal of Civil Engineering Research & Technology*, 2(2), 1–5. https://www.researchgate.net/publication/378406024_Building_Information_Modeling_BIM_Integration_with_HVAC_Automation
7. Fesenko, O., Filchenkova, Ya., Prokhorova, V., & Tretiak, A. (2024). Mozhlyvosti ArchiCAD shchodo vyavlennia kolizii u roboti z BIM i MEP. *BMC-2024 – International Scientific-Practical Conference*. Kyiv, Ukraine. <https://repository.knuba.edu.ua/handle/123456789/15509> [in Ukrainian]

THE EFFECTIVENESS OF USING BIM TECHNOLOGIES IN THE DESIGN OF VENTILATION SYSTEMS

Abstract. The article investigates the effectiveness of using BIM technologies when designing building ventilation systems, taking into account modern requirements for energy efficiency, quality of design documentation, and comprehensive coordination of project sections. The relevance of the study is due to the increasing complexity of engineering systems, increased requirements for the accuracy of engineering calculations, and the need to minimize the number of errors and changes at the final stages of design. The paper reviews current scientific papers on the use of BIM (Building Information Modeling) in the design of ventilation systems and MEP coordination (Mechanical, Electrical, Plumbing). It also outlines key problematic aspects related to the interoperability of software environments, the integration of engineering calculations into the BIM model, and the absence of unified approaches to assessing the effectiveness of the use of BIM technologies. The research methodology is based on the application of comparative and analytical approaches to the evaluation of software products for BIM design of ventilation systems, in particular Autodesk Revit MEP,

AutoCAD MEP, MagiCAD, DDS-CAD HVAC and ArchiCAD MEP Modeler. The evaluation was carried out according to the indicators of the complexity of the design, the quality of coordination of engineering systems, the accuracy of the formation of specifications, the consistency of the BIM model with the results of engineering calculations and the number of changes at the later stages of the project. It was established that the use of the considered programs provides a significant improvement in the quality of design solutions, a decrease in the number of collisions and errors in the working documentation, as well as a reduction in the duration of design work compared to traditional CAD methods. The results obtained can be used to justify the choice of software and optimize design procedures in the field of development of ventilation systems.

Key words: *BIM technologies, ventilation systems, building information modeling, collision checking, engineering calculations, design documentation.*

O. P. Zakharchuk

Ph.D., Associate Professor at the Department Transport and Logistics,
West Ukrainian National University, Ternopil

M. Ya. Shpintal

Ph.D., Associate Professor at the Department of Computer Science,
West Ukrainian National University, Ternopil

M. V. Buriak

Ph.D., Associate Professor at the Department Transport and Logistics,
West Ukrainian National University, Ternopil



*Дата першого надходження статті до видання: 11.02.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 10.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.07.2026*

**Стаття поширюється на умовах ліцензії
відкритого доступу (CC BY 4.0)**