

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-72-164>

УДК 658.8+339.1

ПЕРЕВАГИ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ДОПОВНЕНОЇ, ВІРТУАЛЬНОЇ, ЗМІШАНОЇ РЕАЛЬНОСТЕЙ В ДІЯЛЬНІСТЬ БУДІВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ

ADVANTAGES OF IMPLEMENTING AUGMENTED, VIRTUAL, MIXED REALITY TECHNOLOGIES INTO THE ACTIVITIES OF CONSTRUCTION COMPANIES

Саламаха Павло Іванович

аспірант,

Одеська державна академія будівництва та архітектури

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6782-5558>

Salamakha Pavlo

Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture

У статті розглянуто переваги впровадження цифрових технологій у діяльність будівельних підприємств. Проаналізовано особливості та напрямки впровадження доповненої (AR), віртуальної (VR), змішаної реальності (MR). Запропоновано алгоритм впровадження AR, VR, MR в діяльність будівельних підприємств та переваги, що підвищують ефективність діяльності. Виділено, що переваги впровадження AR, VR, MR дозволяють покращити комунікацію між розробниками проєктів об'єктів нерухомості і замовниками, зменшити витрати на внесення коректив, скоротити терміни ухвалення рішень. Пропонується ввести в науковий обіг поняття «ланцюжок інтеграції технологій AR, VR, MR» як наукової абстракції для відображення послідовності використання AR, VR, MR в діяльності підприємств від створення цифрових моделей до їх практичного застосування. Констатовано, що використання AR, VR, MR є ефективним інструментом підвищення конкурентоспроможності підприємств на ринку нерухомості.

Ключові слова: будівельні підприємства, конкурентоспроможність, технології доповненої реальності, технології віртуальної реальності, технології змішаної реальності, ринок житла.

The article explores the advantages of implementing digital technologies in the activities of construction companies. The features and directions of implementing augmented reality are analyzed: visualization of real estate objects; creation of AR catalogs; development of mobile AR applications; integration of AR content with websites and social networks; placement of QR codes on advertising materials and sites; automatic launch of AR visualization of a real estate object at the locations of potential buyers; interaction of potential buyers with a virtual project. An algorithm for implementing AR in the activities of construction companies and advantages that increase the efficiency of activities is proposed. The features and directions of implementing virtual reality in the activities of construction companies are analyzed. An algorithm for implementing VR in the activities of construction companies and corresponding advantages is proposed. The features and directions of implementing mixed reality in the activities of construction companies are analyzed. An algorithm for implementing augmented reality in the activities of construction companies and corresponding advantages is proposed. It is emphasized that all the advantages of implementing AR, VR, MR will improve communication between developers of real estate projects and clients, reduce the costs of making adjustments and shorten the time for making decisions. It is proposed to introduce into scientific circulation the concept of "chain of integration of AR, VR, MR technologies" as a scientific abstraction to reflect the sequence of using AR, VR, MR technologies in the activities of enterprises from the creation of digital models to their practical application. The scientific significance of the proposed concept of "chain of integration of AR, VR, MR technologies in the activities of construction enterprises" is that it reflects the process of systematic phased implementation of innovative solutions through the use of immersive technologies.

Keywords: construction companies, competitiveness, augmented reality technologies, virtual reality technologies, mixed reality technologies, housing market.

Постановка проблеми. Впровадження цифрових технологій доповненої, віртуальної, змішаної реальності у діяльність будівельних підприємств є критично важливим для забезпечення конкурентоспроможності, ефективності, довготривалого розвитку будівельних підприємств на ринку житла. Такі методи охоплюють різні сегменти цільової аудиторії, зокрема кінцевих споживачів нерухомості, потенційних інвесторів, архітекторів, дизайнерів, а також будівельні компанії, що прагнуть підвищити ефективність взаємодії з потенційними покупцями та збільшити рівень продажів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Prahalad С.К., Hamel G. розглядають інноваційні технології як здатність підприємств модернізувати виробничу базу, залучати таланти та ефективно адаптуватися до змін ринкових умов [1]. Менейлюк О. І., Менейлюк І. О., Руссий В. В., Сичов І.І. наголошують, що серед різноманітної сукупності технологічних і цифрових інновацій (високотехнологічна топозйомка та георозвідка, 3D-друк, Інтернет речей, розумні датчики, роботи, дрони, штучний інтелект, блокчейн) важливу роль у модернізації діяльності будівельних підприємств відіграють технології віртуальної реальності, доповненої реальності, змішаної реальності [2]. Волинець В. виділила сутність та головні відмінності між VR-, AR-, XR-системами [3]. Харченко К. С., Товстик Т. М., Дьяконов Д. М. проаналізували вплив комп'ютерних технологій на архітектуру та оцінили перспективу цього впливу в майбутньому, оскільки розвиток технологій моделювання та будівництва забезпечує нові можливості у сфері архітектури [4].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Видно, що для української наукової школи властива позиція, що застосування цифрових технологій доповненої, віртуальної, змішаної реальності у діяльність будівельних підприємств підвищує ефективність управління будівельними проектами, знижує часові та ресурсні витрати на організацію й виконання будівельних робіт: фокус на ефективності ресурсів; інновації як засіб адаптації; адаптація до нестабільності. Але недостатньо дослідженими є переваги застосування цих технологій у діяльності будівельних підприємств.

Формулювання завдання дослідження (постановка завдання). Завданням дослідження є виділення переваги застосування AR, VR, MR-технологій у діяльності будівельних підприємств.

Виклад основного матеріалу дослідження. Впровадження доповненої реальності (AR) в діяльність будівельних підприємств дозволяє доповнити реальне середовище адекватними цифровими елементами та може бути корисним за такими напрямками:

- візуалізація об'єктів нерухомості: надається можливість споживачам переглядати об'єкти нерухомості через смартфони, планшети або накладається цифрова модель на об'єкт незавершеного будівництва;
- створення AR-каталогів: розробляються інтерактивні буклети, де за допомогою QR-кодів відкриваються 3D-моделі об'єктів нерухомості;
- розробка мобільних AR-додатків: створюються спеціалізовані додатки для перегляду об'єктів нерухомості в інтеграції із CRM-системами підприємств;
- інтеграція AR-контенту з вебсайтами та соціальними мережами: впроваджуються AR-технології на платформах забудовників для взаємодії з потенційними покупцями;
- розміщення QR-кодів на рекламних матеріалах та сайтах: надається можливість споживачам відсканувати код, щоб переглянути AR-модель об'єктів нерухомості;
- автоматичний запуск AR-візуалізації об'єкта нерухомості на локаціях потенційних покупців: використання геолокації для демонстрації проектів у прив'язці до території забудови;
- взаємодія потенційних покупців з віртуальним проектом: надається можливість оцінювати варіанти дизайну, кольорових рішень, планування.

Запропоновано алгоритм впровадження доповненої реальності (AR) в діяльність будівельних підприємств (рис. 1).

Запропонований алгоритм дозволяє отримати ряд суттєвих переваг, що підвищують ефективність діяльності будівельних підприємств, наведено у табл. 1.

Видно, що всі переваги стосуються стимулювання продажів за рахунок оптимізації комунікаційних процесів, прискорення прийняття рішень щодо купівлі об'єктів нерухомості, зміцнення довіри потенційних покупців до будівельних підприємств.

Впровадження віртуальної реальності (VR) в діяльність будівельних підприємств дозволяє потенційним покупцям, інвесторам, замовникам створити віртуальну симуляцію майбутніх об'єктів нерухомості за такими напрямками:



Рис. 1. Алгоритм впровадження доповненої реальності (AR) в діяльність будівельних підприємств

Джерело: сформовано автором

Таблиця 1

Переваги застосування AR-технологій у діяльності будівельних підприємств

Перевага	Характеристика	Узагальнений результат
Висока залученість потенційних покупців	Інтерактивність та наочність привертають увагу та підвищують інтерес потенційних покупців	Підвищення обсягу продажів об'єктів нерухомості
Скорочення циклу прийняття рішення	Потенційні покупці можуть побачити результат у вигляді 3D моделі, що прискорює прийняття рішення	
Підвищення зручності для потенційних покупців	Простота використання технології через мобільні пристрої та QR-коди	

Джерело: сформовано автором

- VR-тури: 3D-прогулянки по майбутніх об'єктах нерухомості на етапі проектування;
- VR-3D-презентації: перегляд альтернативних варіантів проектів планувань об'єктів нерухомості, дизайну;
- VR-конференції для інвесторів: демонстрація потенційним партнерам майбутніх об'єктів нерухомості без відвідування будівельного майданчика;
- VR-презентаційні зони та онлайн-платформи: реальні і цифрові майданчики, де потенційні покупці можуть ознайомитися з об'єктами нерухомості;

- VR-шоломи: потенційні покупці можуть у віртуальному середовищі оцінити планування, інтер'єр, розташування об'єктами нерухомості.
- Запропоновано алгоритм впровадження віртуальної реальності (VR) в діяльність будівельних підприємств (рис. 2).
- Запропонований алгоритм, що дозволяє отримати ряд суттєвих переваг і покращити ряд показників (табл. 2).
- Видно, що завдяки впровадженню VR у діяльність будівельних підприємств відбувається підвищення конверсії та збільшення

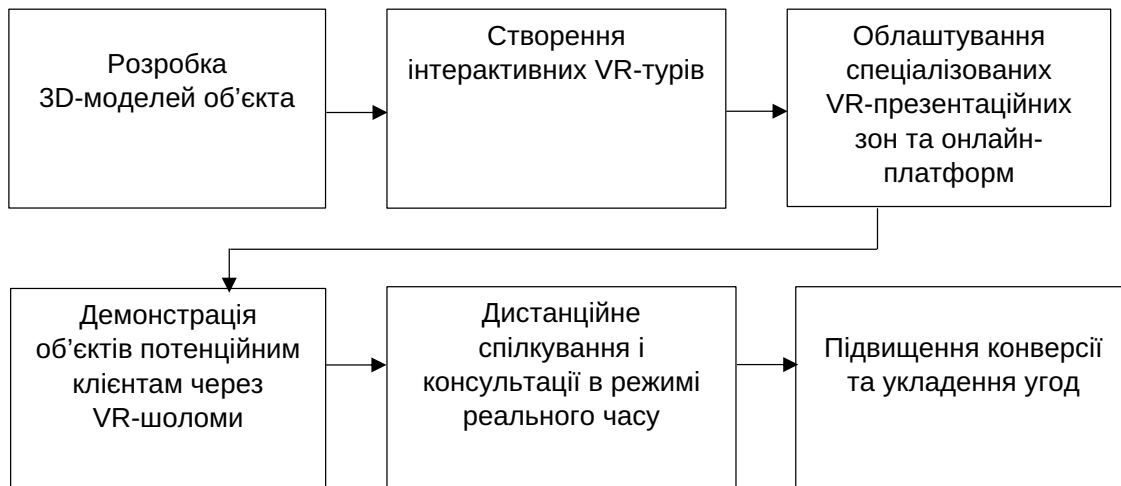


Рис. 2. Алгоритм впровадження віртуальної реальності (VR) в діяльність будівельних підприємств

Джерело: сформовано автором

Таблиця 2

Ефективність впровадження VR у діяльність будівельних підприємств

Показник	Без VR-технології	З VR-технологією
Конверсія потенційних клієнтів, %	30%	70%
Середній термін прийняття рішення, дні	45	12
Рівень задоволеності клієнтів, %	68%	92%

Джерело: сформовано на основі [5]

ПІДПРИЄМНИЦТВО, ТОРГІВЛЯ ТА БІРЖОВА ДІЯЛЬНІСТЬ

кількості угод за рахунок зменшення сумнівів потенційних покупців та швидшому прийняттю рішень відносно купівлі об'єктів нерухомості або інвестування в них.

Згідно з дослідженням VR/AR Association (VRARA), 46% респондентів з більшою ймовірністю погодяться на покупку житла після ознайомлення з його плануванням та інтер'єром у VR. Віртуальна реальність створює «ефект присутності», що підвищує емоційний зв'язок потенційного покупця з об'єктом нерухомості [5].

Дослідження американської компанії Coldwell Banker Real Estate показало, що після проходження VR-туру по квартирі готовність до угоди висловлюють 62% учасників, що перевищує результативність традиційних методів презентації нерухомості [<https://flexreality.pro/ua/vr-v-nedvizhimosti/>].

Молоді покупці віддають перевагу самостійному вивченню об'єктів нерухомості через персональний VR-тур, що підвищує ймовірність покупки [5].

Впровадження змішаної реальності (MR) в діяльність будівельних підприємств дозволяє

отримати синергічний ефект від одночасного використання можливостей AR і VR за такими напрямками:

– консультації в змішаній реальності: архітектори, дизайнери, потенційні покупці переглядають проекти об'єктів нерухомості у MR-середовищі та вносять зміни в режимі реального часу. Це зменшує ризик помилок, скорочує час узгодження проєкту завдяки більш ефективній координації між учасниками будівельного процесу. Цифрові моделі будівель за допомогою MR-окулярів, планшетів відображаються у реальному просторі, дозволяючи швидко адаптувати дизайн відповідно до побажань потенційних покупців;

– інтерактивне моделювання: забудовники демонструють різні варіанти обробки, зміни конструкцій, матеріалів у віртуальному середовищі перед реальним виконанням. Це дає змогу оцінити вигляд і функціональність проєкту на етапі розробки. MR дозволяє протестувати різні варіанти дизайнерських проєктів, зменшуючи витрати на виправлення помилок після виконання робіт;

– управління будівництвом: виконавці робіт можуть переглядати цифрові креслення безпосередньо на будівельному майданчику через MR-окуляри, що дозволяє підвищити точність виконання робіт та оперативно вносити коригування. Інженери та будівельники можуть співставляти реальний стан об'єкта з цифровими планами, отримуючи підказки щодо наступних етапів роботи. Це особливо важливо для складних конструкцій, де потрібно забезпечити відповідність кресленням без фізичних макетів.

Запропоновано алгоритм впровадження зміщеної реальності (MR) в діяльність будівельних підприємств (рис. 3).

Запропонований алгоритм дозволяє отримати ряд суттєвих переваг, що підвищують ефективність діяльності будівельних підприємств (табл. 3).

Видно, що всі переваги впровадження AR, VR, MR дозволять покращити комунікацію між розробниками проєктів об'єктів нерухомості і замовниками, зменшити витрати на внесення коректив, скоротити терміни ухвалення рішень. Це забезпечує більш ефективний процес проєктування, що сприяє підвищенню конкурентоспроможності будівельних компаній (табл. 4).

Пропонується ввести в науковий обіг поняття «ланцюжок інтеграції технологій AR, VR, MR» – це наукова абстракція для відображення послідовності використання AR, VR, MR в діяльності підприємств від створення цифрових моделей до їх практичного застосування.

На рис. 4. показано етапи впровадження ланцюжка інтеграції технологій AR, VR, MR в діяльність будівельних підприємств.

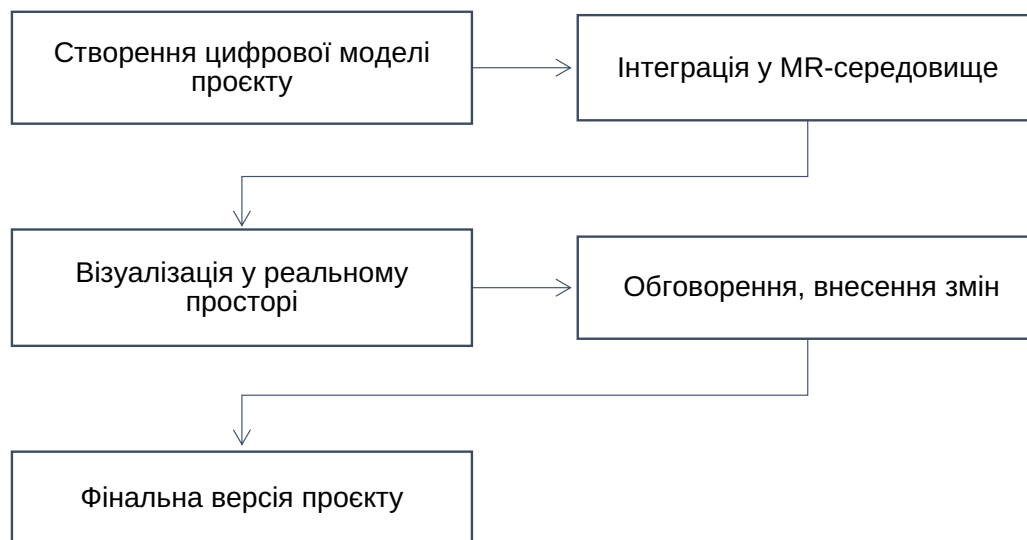


Рис. 3. Алгоритм впровадження зміщеної реальності (MR) в діяльність будівельних підприємств

Джерело: сформовано автором

Таблиця 3

Переваги застосування MR-технологій у діяльності будівельних підприємств

Перевага	Характеристика
Персоналізація послуг	Можливість адаптації проєкту відповідно до побажань потенційних покупців в режимі реального часу
Покращення комунікації	Спрощена взаємодія між дизайнерами, архітекторами та потенційними покупцями
Зниження ризику помилок	Виявлення та корекція помилок на етапі проєктування, що мінімізує витрати
Оперативне коригування проєкту	Можливість швидких змін у конфігурації або дизайні, враховуючи зауваження замовника

Джерело: сформовано автором

Таблиця 4

Загальні переваги впровадження технологій AR, VR, MR в діяльність будівельних підприємств

Технологія	Ціль застосування	Цільова аудиторія	Переваги для бізнесу
AR (Доповнена реальність)	Візуалізація та перегляд будівельних об'єктів у реальному просторі з додатковою інформацією	Кінцеві покупці нерухомості, потенційні клієнти	Скорочення часу прийняття рішень, збільшення залученості аудиторії, покращення клієнтського досвіду
VR (Віртуальна реальність)	Віртуальні 3D-тури об'єктами, які знаходяться у стадії будівництва або планування	Інвестори, преміум-покупці нерухомості класу «люкс», міжнародні клієнти	Зниження відсотка відмов, підвищення довіри, можливість дистанційного перегляду, посилення емоційного зв'язку з продуктом
MR (Змішана реальність)	Інтерактивні демонстрації проектів, консультації та обговорення у режимі реального часу з інтеграцією цифрових моделей в реальне середовище	Архітектори, дизайнери, проєктувальники, менеджери будівельних компаній, корпоративні замовники	Персоналізація послуг, вдосконалення процесу комунікації, зниження ризику помилок, оперативна корекція проектів відповідно до побажань клієнтів

Джерело: сформовано автором

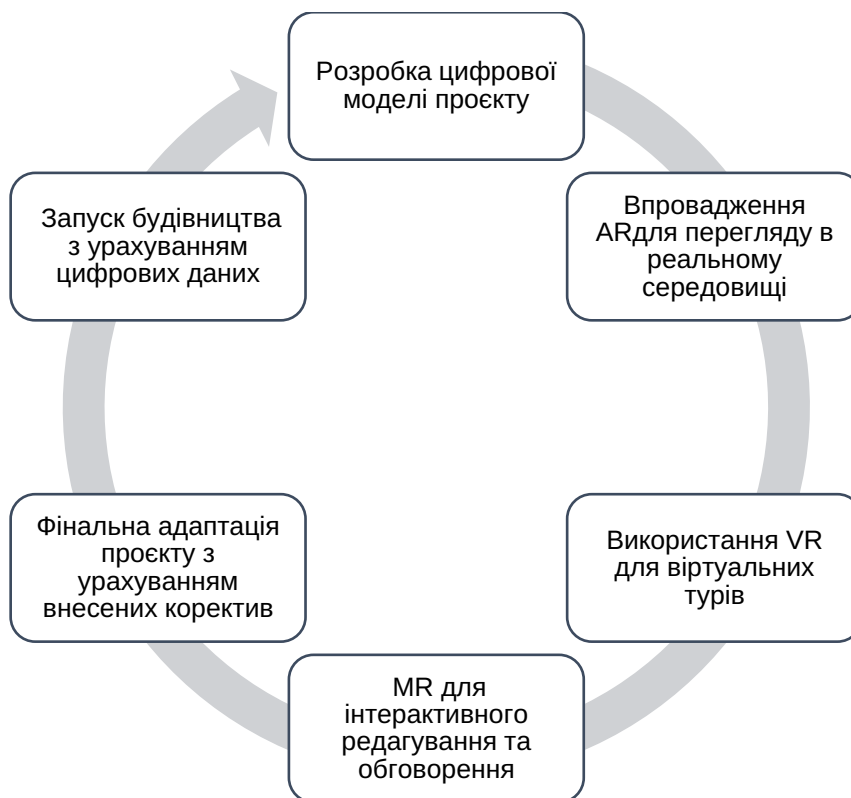


Рис. 4. Ланцюжок інтеграції технологій AR, VR, MR у діяльність будівельних підприємств

Джерело: сформовано автором

Наукова значущість запропонованого поняття «ланцюжок інтеграції технологій AR, VR, MR у діяльність будівельних підприємств» полягає в тому, що воно відображає процес системного поетапного впровадження інноваційних рішень завдяки використанню імерсивних технологій. Практична значущість ланцюжка інтеграції технологій AR, VR, MR у діяльність будівельних підприємств полягає в можливості:

- оптимізувати процеси будівельного проектування завдяки інтеграції цифрових моделей у реальне середовище;
- посилити координацію між учасниками будівельних проєктів – архітекторами, забудовниками, дизайнерами, замовниками;
- забезпечити оперативне внесення змін у будівельних проєктах на основі візуалізації у реальному просторі;
- підвищити якість прийняття рішень через краще розуміння просторових характеристик об'єктів нерухомості;
- зменшити ризики та витрати за рахунок раннього виявлення можливих проблем у проектуванні та будівництві.

Так, використання віртуальної реальності дозволяє прискорити процес розробки нових виробів на 15-30% та знизити кількість технічних помилок при проектуванні [6].

Висновки. Таким чином, запропонований ланцюжок інтеграції технологій AR, VR, MR вже знаходить відображення в практичній діяльності будівельних підприємств на ринку житла, що є підтвердженням ефективності його використання. Ланцюжок інтеграції технологій AR, VR, MR у діяльність будівельних підприємств демонструє послідовність їх впровадження, починаючи від розробки цифрових моделей і закінчуючи їх застосуванням на різних етапах діяльності будівельних підприємств. Це є ефективним інструментом для оптимізації процесу продажу нерухомості, покращення взаємодії з клієнтами та підвищення фінансової ефективності забудовників. Використання AR, VR, MR у будівельній галузі є не лише технологічним трендом, але й ефективним інструментом підвищення конкурентоспроможності підприємств на ринку нерухомості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Prahalad, C. K., & Hamel, G. (1990). The Core Competence of the Corporation. *Harvard Business Review*, 68(3), 7991. URL: <https://managementmodellensite.nl/webcontent/uploads/Artikel-over-kerncompetenties.pdf> (дата звернення: 24.03.2025).
2. Меньлюк О. І., Меньлюк І. О.; Руссий В. В., Сичов І. І. Технології AR, MR ТА VR при управлінні будівельним проєктом. Тези доп. 80-ї наук.-техн. конф., м. Одеса, 16–17 травня 2024 р. Одеса, 2024. С. 5. URL: <https://odaba.edu.ua/upload/files/Zbirnik1.pdf> в (дата звернення: 25.03.2025).
3. Волинець, В. О. (2021). Віртуальна, доповнена і змішана реальність: сутність понять та специфіка відповідних комп'ютерних систем. *Питання культурології*, (37), 231–243. doi: <https://doi.org/10.31866/2410-1311.37.2021.237322> (дата звернення: 21.03.2025).
4. Харченко К.С., Товстик Т.М., Дьяконов Д.М. Вплив розвитку комп'ютерних технологій на процес архітектурного проектування, Український журнал будівництва та архітектури. 2024. URL: <http://uajcea.pgasa.dp.ua/article/view/305450> (дата звернення: 22.03.2025).
5. Офіційний сайт *FlexReality*. Virtual reality (VR) in real estate. URL: <https://flexreality.pro/ua/> (дата звернення: 24.03.2025).
6. Офіційний сайт AVADA-MEDIA. Розробка ІТ продуктів. URL: <https://avada-media.ua/> (дата звернення: 24.03.2025).

REFERENCES:

1. Prahalad, C.K., & Hamel, G. (1990). The Core Competence of the Corporation. *Harvard Business Review*, 68(3), 79–91. URL: <https://managementmodellensite.nl/webcontent/uploads/Artikel-over-kerncompetenties.pdf>. (accessed (24.03.25).
2. Menejlyuk O. I., Menejlyuk I. O; Russij V. V., Sichov I. I. (2024) Tehnologiyi AR, MR TA VR pri upravlinni budivelnim proektom [AR, MR AND VR technologies in construction project management]. Proceedings of the Tezi dopovidni 80-yi naukovo-tehnichnoyi konferenciyi, (Ukraine m. Odesa, ODABA, May, 16–17, 2024) (accessed (24.03.25).
3. Volinets, V.O. (2021). Virtualna, dopovnena i zmishana realnist: sutnist ponyat ta specifika vidpovidnih komp'yuternih sistem [Virtual, augmented and mixed reality: the essence of the concepts and the specifics of the corresponding computer systems]. *Questions of cultural studies*, no. 37, pp. 231–243, doi: <https://doi.org/10.31866/2410-1311.37.2021.237322> (accessed (21.03.25).

4. Harchenko K. S., Tovstik T. M., Dyakonov D. M. (2024) Vpliv rozvitku komp'yuternih tehnologij na proces arhitekturnogo proyektuvannya [The impact of the development of computer technology on the architectural design process]. Ukrainian Journal of Construction and Architecture. URL: <http://uajcea.pgasa.dp.ua/article/view/305450> (accessed (22.03.2025)).

5. Official website of FlexReality. Virtual reality (VR) in real estate. URL: <https://flexreality.pro/ua/> (accessed (24.03.2025)).

6. Official website of AVADA-MEDIA. Development of IT products. URL: <https://avada-media.ua/> (accessed (24.03.2025)).