

DOI: 10.32347/2076-815x.2025.88.227-238

УДК 72.01

Шаталюк Д.А.

Denys.Shataliuk@kname.edu.ua, ORCID: 0000-0001-6798-2262

Харківський національний університет
міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

ВІРТУАЛЬНА РЕАЛЬНІСТЬ ЯК КОМУНІКАТИВНИЙ МІСТ МІЖ ЗАМОВНИКОМ, АРХІТЕКТОРОМ І ГРОМАДОЮ

Розглядається віртуальне середовище як основа для ефективної комунікації. Представлені порівняння вербальної та віртуальної комунікації та модель, що ілюструє взаємодію учасників проєктного процесу у віртуальному і в реальному середовищах. Виявлені основні проблеми комунікації між виконавцем, замовником та громадою в процесі аналізу, моделювання та проєктування архітектурного середовища. Особливу увагу приділено вивченню соціальних, економічних та екологічних проблем, а також можливостям їх вирішення за допомогою в'їртуальної реальності.

Ключові слова: віртуальна реальність; архітектурне середовище; проєктування; комунікація; ефективна взаємодія.

Постановка проблеми. Віртуальна реальність (VR) стає все більш потужним інструментом у архітектурному проєктуванні, що забезпечує інтерактивний спосіб візуалізації архітектурного середовища [8; 12]. Архітектори та дизайнери активно інтегрують VR у свою роботу, завдяки VR вони можуть моделювати простори, створювати віртуальні тури, а також здійснювати колективну роботу над проєктами в реальному часі [11]. Процес аналізу, моделювання та проєктування архітектурного середовища є багатокомпонентним і передбачає складну взаємодію між усіма учасниками проєктного процесу. Архітектори, інженери, замовники, девелопери та консультанти, кожен із них має своє бачення, професійні пріоритети та очікування. Це часто ускладнює прийняття спільних рішень і може стати причиною непорозумінь та затримок у роботі. Проблеми в комунікації можуть виникати через різницю у фаховій підготовці, відсутність спільного бачення кінцевого результату, суперечності щодо бюджету чи термінів [3].

На різних етапах розвитку архітектурного проєктування використовувалися різні способи комунікації. Спочатку основними інструментами були креслення, макети та текстові описи. Однак вони вимагали спеціальної підготовки від замовників для повного розуміння запропонованих рішень, що часто ускладнювало комунікацію. З появою фотореалістичних

візуалізації відбувся значний прорив у сприйнятті архітектурних рішень. Реалістичні зображення дали можливість замовникам побачити майбутній об'єкт у деталях, полегшуючи прийняття рішень і покращуючи взаєморозуміння. Однак, незважаючи на їхні переваги, фотореалістичні візуалізації мають певні недоліки, наприклад замовники не можуть взаємодіяти із зображенням, змінювати його чи оглядати об'єкт з інших ракурсів у реальному часі чи в повній мірі оцінити його масштаб, відчуття та взаємодії з навколишнім середовищем.

У цьому контексті віртуальна реальність постає як інноваційний інструмент, здатний трансформувати традиційні підходи до взаємодії між учасниками проєктного процесу, оскільки створює інтерактивне середовище, де всі зацікавлені сторони можуть разом працювати з архітектурним проєктом у реальному часі. Ця гіпотеза вимагає наукового обґрунтування та ретельного аналізу ефективності застосування VR.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вчені факультету архітектури та міського планування Ізраїльського інституту технологій, M. E. Portman, A. Natapov, D. Fisher-Gewirtzman досліджували використання VR у контексті трьох дисциплін: архітектури, ландшафтно́ї архітектури та екологічного планування, акцентуючи увагу на потенціалі спільного використання VR-систем для наукових досліджень і освіти [6]. Дослідники з китайського університету Yimin Song та Shengneng Guo зосередилися на покращенні архітектурного дизайну через технологію автоматизованого проєктування (Computer-aided design – CAD) та оптимізацію на основі інновацій в архітектурному проєктуванні. Технології VR та CAD можуть представляти архітектурні дизайнерські рішення у віртуальних просторах, дозволяючи дизайнерам взаємодіяти та краще розуміти при плануванні архітектурних просторів [12]. Вчені з університетів Великобританії Juan Manuel Davila Delgado, Lukumon Oyedele, Peter Demian, Thomas Beach досліджували використання доповненої реальності (AR) та VR у секторах архітектури, інженерії і будівництва та визначили шість основних випадків їх використання: взаємодія з зацікавленими сторонами, підтримка дизайну, огляд дизайну, підтримка будівництва, підтримка експлуатації та управління, а також навчання [2]. Французькі вчені Barbara Schiavi, Vincent Havard, Karim Beddiar, David Baudry зосереджені на використанні AR і VR для підтримки різних будівельних процесів, особливо в контексті методології моделювання інформації про будівлю (BIM), аналізуючи тенденції використання AR і VR в додатках BIM [9]. Застосування VR в архітектурі та дизайні досліджували й угорські вчені Anett Racz та Gergo Zilizi. Вони розробили програму, яка дозволяє архітекторам та їхнім клієнтам отримати реалістичне відчуття простору, розмірів та

атмосфери майбутньої будівлі до її зведення, що дає змогу відчувати емоційні ефекти будівлі та оцінити варіанти внутрішнього дизайну [7]. Малайзійські дослідники Faiq Amirul Ruslan, Noor Hafizah Mahamarowi, Safinaz Mustapha, Fadhilah Binti Aman вивчали використання VR у технічному кресленні, зосереджуючись на розробці інтерактивних VR-додатків, що можуть стати корисним інструментом для студентів-архітекторів, допомагаючи їм краще зрозуміти технічне креслення та розвивати планування простору [8]. Вчені університету Салоніки (Греція) Dimitrios Ververidis, Spiros Nikolopoulos, Ioannis Kompatsiaris вивчали міждисциплінарну співпрацю в архітектурі, інженерії та будівництві, зокрема використання інтуїтивних інтерфейсів віртуальної реальності та BIM технологій [13]. Вчені Південно-Дакотського державного університету (США) Yilei Huang, Samjhana Shakya and Temitope Odeleye вивчали використання VR та змішаної реальності (Mixed Reality – MR) в архітектурі та будівництві, зокрема порівнювали можливості та функціональність VR і MR у поєднанні з BIM [14]. Американські дослідники Mojtaba Noghabaei, Arsalan Heydarian, Vahid Balali, Kevin Han вивчали впровадження технологій AR та VR в архітектурно-будівельну галузь. Відзначили, що експерти галузі очікують стійке зростання використання AR/VR технологій протягом наступних років [4]. Вчені Клемсонського університету (США) Aasish Bhanu, Harnish Sharma, Kalyan Piratla, Kapil Chalil Madathil провели системний огляд літератури щодо використання AR в архітектурі, інженерії та будівництві для дистанційної співпраці. Огляд включав 695 досліджень. Виявлено, що інтеграція AR значно зменшує час на виконання завдань, кількість помилок і навантаження, одночасно покращуючи ефективність і точність комунікації [1]. Португальські дослідники Fábio Matoseiro Dinis, Luís Sanhudo, João Poças Martins, Nuno M. M. Ramos зазначають, що попит на точну, чітку та зрозумілу інформацію постійно зростає серед зацікавлених сторін у галузі архітектури та будівництва, тому вивчають, як інтеграція лазерного сканування, VR і BIM може допомогти подолати ці комунікаційні бар'єри, роблячи інформацію про проєкт більш доступною для учасників, які не є експертами в BIM [3]. У наших попередніх дослідженнях були проаналізовані інструменти для роботи з віртуальною реальністю в архітектурній сфері, а також систематизовані сучасні гаджети, додатки та програмне забезпечення та надані рекомендації щодо їх застосування в залежності від етапу проєкту [11]. Наше бачення синергії віртуальної реальності та штучного інтелекту в архітектурному проєктуванні було представлено для обговорення на всеукраїнській науково-практичній конференції «Традиції та інновації у архітектурі та містобудуванні» (Харків, 2024) [10]. Дослідник із Туреччини Ömer Özeren провів бібліометричний аналіз

публікацій, доступних у базі даних Scopus, що пов'язані з використанням VR в архітектурі та дизайні. Дослідження охоплювало публікації з 2004 по 2023 рр. Висновки показали недостатність досліджень у сфері застосування VR в архітектурі, підкреслюючи потребу в подальших дослідженнях у цій галузі [5].

Вивчення комунікаційних аспектів віртуальної реальності в архітектурних проєктах — це динамічна та перспективна галузь, яка все ще має багато відкритих питань. Хоча існує певна кількість досліджень, чимало аспектів цього явища залишаються недослідженими або вимагають більш детального вивчення. Хоча є дослідження, що показують зручність VR у візуалізації, але мало досліджень зосереджено на впливі VR на прийняття рішень на практиці. Наприклад, на сьогодні існує небагато досліджень використання VR для залучення громадськості до процесу архітектурного проєктування та планування. Таким чином, дослідження того, як VR впливає на процес прийняття рішень архітекторами та іншими учасниками проєкту при взаємодії, того як саме віртуальні середовища змінюють підхід до вибору проєктних рішень або допомагають оцінювати та оптимізувати конструктивні та естетичні аспекти проєкту залишається недостатньо вивченим.

Метою цієї статті є визначення комунікативних проблем у сучасному архітектурному проєктуванні та розкриття потенціалу VR як інструменту, здатного змінити традиційні підходи до співпраці між учасниками проєктного процесу.

Виклад основного матеріалу. Для аналізу використання VR в громадських проєктах та ініціативах, зокрема у процесах міського планування, обговорення урбаністичних змін або проєктуванні громадських об'єктів, ми розробили модель, що ілюструє взаємодію учасників проєктного процесу у віртуальному і в реальному середовищах (Рис. 1).

Розробка такої моделі взаємодії є першим кроком до виявлення проблем, які можуть ефективніше вирішуватися у віртуальному середовищі, та дозволяє сформулювати критерії оцінки ефективності застосування VR у порівнянні з традиційними методами комунікації та презентації проєктів. Такий підхід дає можливість краще зрозуміти потенціал VR як інструменту для залучення громади, а також оцінити його вплив на процеси планування та прийняття рішень на місцевому рівні.

Запропонована модель враховує три ключові групи учасників архітектурного процесу:

Виконавець — архітектори, дизайнери, інженери, які розробляють проєкт.

Замовник — інвестори, бізнес-структури чи державні органи, які фінансують проєкт і висувають вимоги до його реалізації.

Громада — кінцеві користувачі простору, мешканці чи зацікавлені сторони, які безпосередньо взаємодіють із середовищем після його реалізації.

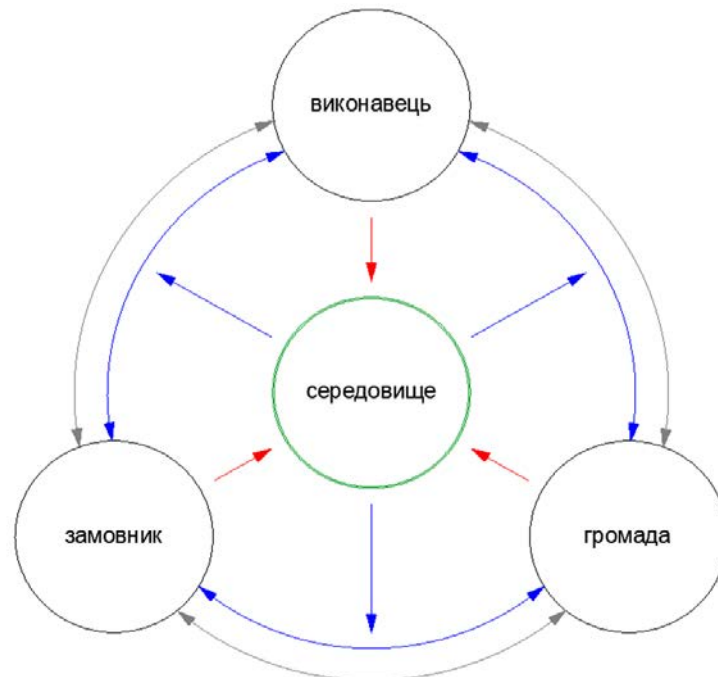


Рис. 1. Модель взаємодії учасників проектного процесу у віртуальному і в реальному середовищах

Кожен із цих учасників має вплив на архітектурне середовище, різні пріоритети та очікування. Їхня взаємодія може відбуватися як у традиційному форматі (вербальна комунікація), так і в межах віртуального середовища.

Модель демонструє процеси взаємодії між виконавцем, громадою та замовником, а також вплив кожної зі сторін на трансформацію середовища. Червоні стрілки вказують на вплив цих учасників на середовище. Сірі стрілки вказують на вербальну комунікацію між учасниками. Сині стрілки позначають формування віртуального середовища, у якому здійснюється комунікація.

На практиці основна частина комунікації між учасниками архітектурного проєкту відбувається у вербальному форматі: зустрічі, презентації, телефонні дзвінки або листування. Вербальна комунікація є доступною та звичною, проте вона має ряд недоліків. Перш за все, це неповне розуміння проєкту. Учасники по-різному інтерпретують слова та технічні терміни, замовники чи громада не завжди можуть уявляти проєктну пропозицію. До недоліків можна віднести і неможливість тестування, бо слова не дозволяють оцінити, як запропоновані рішення вплинуть на архітектурне середовище чи його функціональність.

Конфлікти інтересів можуть виникати на різних етапах проєктування через розбіжності в очікуваннях або непорозуміння щодо вимог та спричиняти

затримки в реалізації проєкту, що може призводити до помилкових рішень або незадоволення кінцевим результатом.

Ми розглядаємо віртуальну комунікацію як альтернативу. У запропонованій моделі вербальна комунікація доповнюється віртуальною. Віртуальна комунікація реалізується через створення цифрового віддзеркалення архітектурного середовища у VR. Це середовище стає платформою, де учасники можуть досліджувати (вільно переміщатися в проєктованому просторі, оцінюючи його масштаб, функціональність і естетику), обговорювати (взаємодіяти через голосовий зв'язок у реальному часі, що імітує реальні зустрічі), пропонувати зміни, тобто додавати, редагувати чи вилучати елементи середовища, миттєво оцінюючи наслідки таких змін.

Таким чином, віртуальна реальність стає простором, де усувається розрив між мовною інтерпретацією та реальними проєктними рішеннями. У такій моделі всі учасники мають можливість взаємодіяти в реальному часі в межах віртуального архітектурного середовища.

Розглянемо детальніше, які проблеми виникають у процесі взаємодії за допомогою вербальної комунікації між учасниками архітектурного процесу в соціальному, економічному та екологічному контексті і як може вплинути на це комунікація у віртуальному середовищі.

Соціальні проблеми у взаємодії між виконавцем, замовником і громадою часто виникають через різні очікування, потреби та рівень залученості учасників до процесу проєктування.

Однією з них є проблеми з комунікацією. Недостатня або нерегулярна комунікація між замовником і архітектором може призвести до непорозумінь, що у свою чергу, робить проєкт несумісним з очікуваннями. Для вирішення цієї проблеми віртуальне середовище дозволяє забезпечити постійний доступ до проєкту для всіх учасників, що дозволяє оперативно вирішувати нагальні питання.

Іншою проблемою є технічні або дизайнерські ризики, коли складні аспекти проєкту можуть бути неочевидними для замовника, що ускладнює їхнє сприйняття. Використання VR для демонстрації концептуальних рішень у реальному масштабі може допомогти знизити ці труднощі.

Іноді виникає несприятливе відношення громади до проєкту, коли вона не підтримує його через брак залучення або незрозумілі рішення. Залучення громади до VR-презентацій допоможе пояснити кожен етап проєкту та забезпечити її підтримку.

Ще однією проблемою є невідповідність стандартам і законам. Якщо проєкт суперечить нормативним актам, VR можна використовувати для

тестування відповідності законодавчим вимогам і створення сценаріїв моделювання.

Іншою важливою проблемою є неоднозначне розуміння вимог. Вимоги замовника можуть бути нечіткими або змінюватися протягом процесу, що створює труднощі. Постійне оновлення VR-моделі дозволить уточнити та узгодити деталі проєкту в режимі реального часу.

Недостатня транспарентність є ще однією проблемою. Коли замовник або архітектор приховують деталі проєкту, це викликає недовіру з боку громади. Відкрите віртуальне середовище для доступу всіх учасників дозволяє зняти ці бар'єри і забезпечити прозорість.

Зустрічаються й будівельні або дизайнерські проблеми, які виявляються вже під час реалізації проєкту. Вони можуть викликати негативну реакцію громади. Попереднє тестування проєкту у VR дозволяє виявити недоліки до початку будівництва та знизити ризики.

Непорозуміння потреб громади є ще однією проблемою, коли замовник не враховує потреби громади або має помилкове уявлення про ці потреби. Проведення VR-сесій для збору зворотного зв'язку дозволяє безпосередньо взаємодіяти з громадою та коригувати проєкт відповідно до її інтересів.

Не менш важливим є врахування соціокультурних аспектів. Ігнорування особливостей громади може спричинити конфлікти. Моделювання соціокультурних сценаріїв у VR допомагає створити більш точне уявлення про взаємодію з місцевими умовами і уникнути таких непорозумінь.

Економічні проблеми в процесі проєктування часто пов'язані з обмеженими фінансовими ресурсами замовника або їх неефективним розподілом. Зміни в вимогах під час виконання проєкту можуть призвести до збільшення витрат і термінів реалізації, що викликає незадоволення громади. Крім того, замовники та архітектори часто стикаються з необхідністю знайти баланс між оптимізацією витрат та збереженням якості проєкту, що ускладнює співпрацю. Віртуальна реальність допомагає запобігти виникненню фінансових проблем, створюючи можливість для бюджетних симуляцій, візуалізації різних варіантів використання бюджету та передбачення витрат на різних етапах проєкту, що допомагає знизити ризик прийняття фінансово невиправданих рішень.

Екологічні аспекти взаємодії в процесі проєктування зосереджуються на тому, як проєкти можуть впливати на навколишнє середовище. Це може стати проблемою, якщо не враховуються принципи стійкості, що може призвести до забруднення, порушення екосистеми або змін ландшафту, які негативно впливають на якість життя. Наприклад, громада може виступати проти забудови через порушення природної гармонії або екологічної рівноваги.

Віртуальна реальність дозволяє створити інтерактивне архітектурне середовище, що дає можливість всім учасникам проєкту візуалізувати його, оцінювати вплив на довкілля та знаходити компромісні рішення, які відповідатимуть соціальним, економічним і екологічним вимогам.

Варто зазначити, що реалізація VR-рішень у проєктуванні архітектурного середовища потребує використання спеціалізованого програмного забезпечення та обладнання [11].

Попри очевидні переваги, впровадження віртуального середовища має й певні обмеження. Одним із основних викликів є технічна підготовка учасників, оскільки для ефективного використання певних VR-технологій необхідно пройти навчання. Також впровадження цієї технології потребує додаткових інвестицій на розробку моделей і закупівлю обладнання та спеціалізованого програмного забезпечення.

Проте з розвитком технологій ці обмеження поступово зменшуються, відкриваючи нові можливості для інтеграції віртуальної реальності у процес проєктування, що, в свою чергу, дозволяє значно підвищити якість і ефективність роботи всіх учасників проєктного процесу.

Висновки. Ми продемонстрували, як віртуальне середовище стає основою для ефективної комунікації та вирішення соціальних, економічних і екологічних проблем, що виникають під час взаємодії між виконавцем, замовниками та громадою.

Вербальна комунікація залишається важливою для обміну ідеями та живими емоціями, проте часто вона обмежена розбіжностями в розумінні проєктних рішень та їх потенційного впливу на середовище. Віртуальна реальність усуває ці обмеження, дозволяючи всім учасникам наочно взаємодіяти з проєктом, що сприяє конструктивному діалогу.

VR дозволяє ефективно моделювати витрати, вплив на довкілля та оцінювати ефективність рішень у реальному часі, оптимізуючи економічні та екологічні аспекти проєкту.

Важливим аспектом є візуалізація кінцевого результату. Завдяки VR можна створити точні моделі проєкту, які демонструють майбутнє архітектурне середовище, дозволяючи учасникам краще розуміти кінцевий результат, зменшуючи ризики неправильного сприйняття чи невідповідності очікувань.

Важливим є створення сценаріїв взаємодії з громадою. VR дозволяє візуально презентувати вплив проєкту на локальну громаду, тестувати різні сценарії використання простору і залучати мешканців до обговорення та адаптації рішень, що робить процес більш інклюзивним і адаптованим до потреб громади та дозволяє розробляти проєкти, що відповідають принципам сталого розвитку та екологічної стійкості.

Таким чином, були визначені ключові переваги взаємодії у віртуальному середовищі. А саме: *імерсивність*, тобто можливість «перебувати» в просторі майбутнього об'єкта, оцінюючи його пропорції, масштабність та взаємодію з контекстом; *інтерактивність*, коли учасники можуть тестувати матеріали, кольори, технології в режимі реального часу; *поліпшення комунікації*; *економія часу та оптимізація процесів*.

Отже, комунікація у віртуальному середовищі сприяє:

1. Розв'язанню соціальних, економічних і екологічних проблем, що виникають під час взаємодії учасників.
2. Покращенню якості комунікації, прозорості та узгодженості дій між усіма сторонами.
3. Прискоренню процесу ухвалення рішень, зменшенню ризиків і оптимізації ресурсів.

Подальші дослідження у цій сфері можуть бути спрямовані на розробку VR-методик, оцінку критеріїв їх ефективності та на аналіз довгострокових ефектів використання віртуальної реальності в моделюванні та проєктуванні архітектурного середовища.

Список літератури

1. Bhanu, A., Sharma, H., Piratla, K. & Chalil Madathil, K., (2022). Application of Augmented Reality for Remote Collaborative Work in Architecture, Engineering, and Construction – A Systematic Review. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. 66(1), 1829–1833. DOI: <https://doi.org/10.1177/1071181322661167>.
2. Davila Delgado, J.M., Oyedele, L., Demian, P. & Beach, T., (2020). A research agenda for augmented and virtual reality in architecture, engineering and construction. *Advanced Engineering Informatics*. 45, 101122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2020.101122>.
3. Dinis, F.M., Sanhudo, L., Martins, J.P. & Ramos, N.M.M., (2020). Improving project communication in the architecture, engineering and construction industry: Coupling virtual reality and laser scanning. *Journal of Building Engineering*. 30, 101287. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101287>.
4. Noghabaei, M., Heydarian, A., Balali, V. & Han, K., (2020). Trend Analysis on Adoption of Virtual and Augmented Reality in the Architecture, Engineering, and Construction Industry. *Data*. 5(1), 26. DOI: <https://doi.org/10.3390/data5010026>.
5. Özeren, Ö., (2023). Bibliometric Analysis of Virtual Reality (VR) Technology in Architecture. *Computational research progress in applied science & engineering*. 9(3), 1–10. DOI: <https://doi.org/10.61186/crpase.9.3.2859>.
6. Portman, M.E., Natapov, A. & Fisher-Gewirtzman, D., (2015). To go where no man has gone before: Virtual reality in architecture, landscape architecture and environmental planning. *Computers, Environment and Urban Systems*. 54, 376–384. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2015.05.001>.
7. Rácz, A. & Zilizi, G., (2018). VR Aided Architecture and Interior Design. *International Conference on Advances in Computing and Communication Engineering (ICACCE)*. Paris, France. 11–16. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICACCE.2018.8441714>.
8. Ruslan, F.A., Mahamarowi, N.H., Mustapha, S. & Aman, F.B., (2023). Virtual Reality (VR) - The Effectiveness in Interior Architecture Technical Drafting. *IOP Conference*

Series: Earth and Environmental Science. 1217(1), 012011. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1217/1/012011>.

9. Schiavi, B., Havard, V., Beddier, K. & Baudry, D., (2022). BIM data flow architecture with AR/VR technologies: Use cases in architecture, engineering and construction. *Automation in Construction*. 134, 104054. DOI: 10.1016/j.autcon.2021.104054.

10. Шаталюк, Д., (2024). Синергія віртуальної реальності та штучного інтелекту в архітектурному проєктуванні. *Традиції та інновації в архітектурі та містобудуванні*, 26–28 листопада, 2024. Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова. 211–212. URL: https://science.kname.edu.ua/images/dok/konferentsii/2024/Tezy_2024/TEZI_2024_12_03_2%202_compressed.pdf.

11. Шаталюк, Ю., Шаталюк, Д., (2023). Тенденції розвитку інструментів віртуальної реальності у світовій практиці проєктування, *Комунальне господарство міст. Серія : Технічні науки та архітектура*. 6(180), 73–78. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-6-180-73-78>.

12. Song, Y. & Guo, S., (2023). Application and Innovation of Virtual Reality Technology in Architectural Design and Visualization. *Computer-Aided Design and Applications*. 26–37. DOI: <https://doi.org/10.14733/cadaps.2023.s13.26-37>.

13. Ververidis, D., Nikolopoulos, S. & Kompatsiaris, I., (2022). A Review of Collaborative Virtual Reality Systems for the Architecture, Engineering, and Construction Industry. *Architecture*, 2 (3), 476–496. DOI: <https://doi.org/10.3390/architecture2030027>.

14. Yilei Huang, Samjhana Shakya & Temitope Odeleye, (2019). Comparing the Functionality between Virtual Reality and Mixed Reality for Architecture and Construction Uses. *Journal of Civil Engineering and Architecture*. 13(7). DOI: <https://doi.org/10.17265/1934-7359/2019.07.001>.

PhD candidate **Denys Shataliuk**,

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

VIRTUAL REALITY AS A COMMUNICATIVE BRIDGE BETWEEN THE CLIENT, ARCHITECT, AND COMMUNITY

The article is devoted to consideration of Virtual Reality (VR), which is rapidly becoming a powerful tool in architectural design, providing an interactive way to visualize architectural environment. Architects and designers are increasingly integrating VR into their workflows, allowing them to model spaces, create virtual tours, and collaborate on projects in real-time. The process of analyzing, modeling, and designing architectural environments involves complex interactions between all project participants, including architects, engineers, clients, developers, consultants, etc., i.e. contractors, customers, and the community. Each stakeholder has their own perspective, professional priorities, and expectations, often complicating decision-making and leading to misunderstandings and delays. Communication problems can arise from differences in professional backgrounds, lack of shared vision, and disagreements over budget or timelines.

Historically, communication in architectural design has relied on drawings, models, and textual descriptions, which often required special training for clients to

fully understand proposed solutions. The advent of photorealistic visualizations marked a significant breakthrough, enabling clients to see the future project in detail, making decision-making easier and improving mutual understanding. However, these visualizations have limitations, such as the inability to interact with the image or explore the project from different perspectives in real-time.

This paper investigates the potential of VR to address communication challenges in architectural design by creating an immersive and interactive environment for all project participants. By developing a model that incorporates VR as a complementary communication tool alongside verbal interaction, this study demonstrates how VR can bridge gaps in understanding, improve decision-making, and facilitate collaboration. The findings suggest that VR not only accelerates the decision-making process but also enhances the clarity and consistency of communication, ultimately optimizing project outcomes, reducing risks, and shortening project timelines. This research highlights VR's role in revolutionizing collaborative practices in architectural design and its potential to enhance the efficiency of communication in the architectural process.

Keywords: virtual reality; architectural environment; design; communication, effective interaction.

REFERENCES

1. Bhanu, A., Sharma, H., Piratla, K. & Chalil Madathil, K., (2022). Application of Augmented Reality for Remote Collaborative Work in Architecture, Engineering, and Construction – A Systematic Review. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. 66(1), 1829–1833. DOI: <https://doi.org/10.1177/1071181322661167>. {in English}
2. Davila Delgado, J.M., Oyedele, L., Demian, P. & Beach, T., (2020). A research agenda for augmented and virtual reality in architecture, engineering and construction. *Advanced Engineering Informatics*. 45, 101122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2020.101122>. {in English}
3. Dinis, F.M., Sanhudo, L., Martins, J.P. & Ramos, N.M.M., (2020). Improving project communication in the architecture, engineering and construction industry: Coupling virtual reality and laser scanning. *Journal of Building Engineering*. 30, 101287. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101287>. {in English}
4. Noghabaei, M., Heydarian, A., Balali, V. & Han, K., (2020). Trend Analysis on Adoption of Virtual and Augmented Reality in the Architecture, Engineering, and Construction Industry. *Data*. 5(1), 26. DOI: <https://doi.org/10.3390/data5010026>. {in English}
5. Özeren, Ö., (2023). Bibliometric Analysis of Virtual Reality (VR) Technology in Architecture. *Computational research progress in applied science & engineering*. 9(3), 1–10. DOI: <https://doi.org/10.61186/crpase.9.3.2859>. {in English}
6. Portman, M.E., Natapov, A. & Fisher-Gewirtzman, D., (2015). To go where no man has gone before: Virtual reality in architecture, landscape architecture and environmental planning.

Computers, Environment and Urban Systems. 54, 376–384. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2015.05.001>. {in English}

7. Rácz, A. & Zilizi, G., (2018). VR Aided Architecture and Interior Design. *International Conference on Advances in Computing and Communication Engineering (ICACCE)*. Paris, France. 11–16. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICACCE.2018.8441714>. {in English}

8. Ruslan, F.A., Mahamarowi, N.H., Mustapha, S. & Aman, F.B., (2023). Virtual Reality (VR) - The Effectiveness in Interior Architecture Technical Drafting. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1217(1), 012011. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1217/1/012011>. {in English}

9. Schiavi, B., Havard, V., Beddiar, K. & Baudry, D., (2022). BIM data flow architecture with AR/VR technologies: Use cases in architecture, engineering and construction. *Automation in Construction*. 134, 104054. DOI: 10.1016/j.autcon.2021.104054. {in English}

10. Shataliuk, D., (2024). Synergy of Virtual Reality and Artificial Intelligence in Architectural Design. *Traditions and Innovations in Architecture and Urban Planning*, November 26–28, 2024. Kharkiv: O. M. Beketov NUUEKh. 211–212. URL: https://science.kname.edu.ua/images/dok/konferentsii/2024/Tezy_2024/TEZI_2024_12_03_2%20compressed.pdf. {in Ukrainian}

11. Shataliuk, Y. & Shataliuk, D., (2023). Trends in the Development of Virtual Reality Tools in the Global Design Practice, *Municipal economy of cities*, 6(180), 73–78. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-6-180-73-78>. {in Ukrainian}

12. Song, Y. & Guo, S., (2023). Application and Innovation of Virtual Reality Technology in Architectural Design and Visualization. *Computer-Aided Design and Applications*. 26–37. DOI: <https://doi.org/10.14733/cadaps.2023.s13.26-37>. {in English}

13. Ververidis, D., Nikolopoulos, S. & Kompatsiaris, I., (2022). A Review of Collaborative Virtual Reality Systems for the Architecture, Engineering, and Construction Industry. *Architecture*, 2 (3), 476–496. DOI: <https://doi.org/10.3390/architecture2030027>. {in English}

14. Yilei Huang, Samjhana Shakya & Temitope Odeleye, (2019). Comparing the Functionality between Virtual Reality and Mixed Reality for Architecture and Construction Uses. *Journal of Civil Engineering and Architecture*. 13(7). DOI: <https://doi.org/10.17265/1934-7359/2019.07.001>. {in English}