

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Кафедра комп'ютерних та фізико-математичних наук



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

на тему Візуалізація моделювання закладу ресторанного
господарства для інклюзивних гостей.
(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)
Моделювання та візуалізація будівлі та приміщень

Здобувача Гайдайчук А.Ю.
(прізвище, ініціали)

4 курсу 342а групи

Керівники: доц. Ломовцев П. Б.
(посада, прізвище та ініціали)
ст. викл. Болтач С. В.
(посада, прізвище та ініціали)

Консультанти: доц. Корнієнко Ю.К.
(посада, прізвище та ініціали)
доц. Спаський І. Д.
(посада, прізвище та ініціали)

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від 08.06 2026 р., протокол № 6
Завідувач кафедри КФМН Юлія Федченко
(назва кафедри) (підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса – 2026

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут Навчально-науковий інститут комп'ютерної інженерії,
автоматизації, робототехніки та програмування
ім. П.М. Платонова
Кафедра комп'ютерних та фізико-математичних наук
Ступінь вищої освіти Бакалавр
Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»
Освітня програма Інформаційні технології проектування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри КФНМ
Юлія ФЕДЧЕНКО
« 02 » лютого 2026 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Гайдайчук Андрій Юрійович

1. Тема роботи Візуалізація моделювання закладу ресторанного господарства для
інклюзивних гостей. Моделювання та візуалізація будівлі та приміщень

Затверджена наказом університету від « 2 » лютого 2026 р., наказ № 77-03

2 Термін здачі здобувачем закінченої роботи 8 червня 2026 р.

3. Вихідні дані роботи
Технічне завдання, план проєкту, опис проєкту

4. Перелік питань, які потрібно розробити
1. Аналіз предметної області. 2. Аналіз існуючих аналогів. 3. Методи та технології
проєкту, обґрунтування вибору засобів реалізації 4. Етапи реалізації програмного
продукту; 5. Опис програмного продукту.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Презентація Power Point 15 слайдів

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Техніко-економічна частина	Спаський І. Д., доцент		
Охорона праці	Корнієнко Ю. К., доцент		

7. Дата видачі завдання 02.02.2026

Керівники _____ Павло ЛОМОВЦЕВ

_____ Світлана БОЛТАЧ

Завдання прийняв до виконання _____ Андрій ГАЙДАЙЧУК

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Дослідження предметної області	28.02.2026	
2.	Аналіз існуючих аналогів	28.02.2026	
3.	Обґрунтування вибору засобів реалізації	28.02.2026	
4.	Моделювання та проєктування моделі споруди	01.04.2026	
5.	Реалізація тривимірної моделі	01.05.2026	
6.	Підготовка техніко-економічної частини	20.05.2026	
7.	Підготовка розділу охорони праці	25.05.2026	
8.	Оформлення пояснювальної записки	1.06.2026	
9.	Оформлення графічної частини та лістингу	1.06.2026	

Здобувач - дипломник _____ Андрій ГАЙДАЙЧУК

Керівники роботи _____ Павло ЛОМОВЦЕВ

_____ Світлана БОЛТАЧ

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник Андрій ГАЙДАЙЧУК _____

Ім'я ПРИЗВИЩЕ

Підпис

АНОТАЦІЯ

Ця робота представляє 3D-модель ресторану, розроблений згідно з нормами безбар'єрності для маломобільних груп населення. У роботі використано Blender та Bonsai BIM для створення тривимірної моделі закладу ресторанного господарства з урахуванням вимог інклюзивності.

У роботі проаналізовано нормативні вимоги до організації інклюзивного простору, включаючи параметри проходів, дверних прорізів, санітарних приміщень, пандусів, тактильних елементів та зон доступу для маломобільних груп населення. На основі аналізу виконано проєктування моделі будівлі в середовищі Blender з використанням доповнення Bonsai BIM для створення інформаційної моделі.

Описано основні етапи реалізації проєкту: створення геометричної основи будівлі, наповнення моделі архітектурними елементами, моделювання інклюзивних компонентів, формування зовнішнього середовища та внесення параметричних даних до BIM-структури.

Особливістю роботи є поєднання архітектурного проєктування, тривимірного моделювання та BIM-технологій у межах єдиного цифрового проєкту. Під час розробки виконувалося не лише створення геометрії будівлі, а й адаптація об'єкта до вимог безбар'єрності, перевірка планувальних рішень, організація інформаційної структури моделі та класифікація елементів відповідно. Реалізація проєкту вимагала комплексного опрацювання архітектурних, технічних та інформаційних аспектів моделювання, а також врахування вимог чинних нормативних документів щодо доступності громадських будівель.

3D-МОДЕЛЮВАННЯ, BIM, ІНКЛЮЗИВНИЙ ПРОСТІР, АРХІТЕКТУРНЕ ПРОЄКТУВАННЯ, BLENDER, BONSAI BIM, БЕЗБАР'ЄРНІСТЬ

ABSTRACT

This work presents a 3D model of a restaurant designed in accordance with accessibility standards for people with reduced mobility. Blender and Bonsai BIM were used to create a three-dimensional model of a restaurant facility while taking inclusivity requirements into account.

The study analyzes regulatory requirements for the organization of an inclusive environment, including the parameters of corridors, doorways, sanitary facilities, ramps, tactile elements, and access areas for people with reduced mobility. Based on this analysis, a building model was designed in the Blender environment using the Bonsai BIM add-on to create an information model.

The main stages of the project implementation are described, including the creation of the building's geometric framework, integration of architectural elements into the model, modeling of inclusive components, development of the surrounding environment, and incorporation of parametric data into the BIM structure.

A distinctive feature of the project is the integration of architectural design, 3D modeling, and BIM technologies within a single digital environment. The development process involved not only the creation of the building geometry but also the adaptation of the facility to accessibility requirements, verification of planning solutions, organization of the information structure of the model, and classification of elements according to BIM principles. The implementation of the project required comprehensive consideration of architectural, technical, and information-related aspects of modeling, as well as compliance with current accessibility standards and regulations for public buildings.

**3D MODELING, BIM, INCLUSIVE SPACE, ARCHITECTURAL DESIGN,
BLENDER, BONSAI BIM, BARRIER-FREE ENVIRONMENT**

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ ВИМІРЮВАННЯ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ	8
ВСТУП.....	9
1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ, ОПИС ОСНОВНИХ ПРОБЛЕМ ТА РОЛЬ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРЕДМЕТНІЙ ГАЛУЗІ	11
1.1 Актуальність тематики дослідження, роль інформаційних технологій в предметній галузі	11
1.2 Основні проблеми предметної галузі.....	13
1.2.1 Фізичне безбар'єрне середовище	14
1.2.2 Інформаційне безбар'єрне середовище	15
1.2.3 Універсальний безпечний простір	17
1.2.4 Сенсорна інклюзія.....	18
1.2.5 Неправильні вхідні дані.....	19
1.3 Аналіз аналогічних систем.....	21
1.3.1 Universal Design single-family residence	21
1.3.2 Universal Design Living Laboratory (UDLL).....	22
1.3.3 Ed Roberts Campus.....	24
1.3.4 Порівняльна таблиця аналогів	26
1.4 Мета розробки, постановка задачі, технічне завдання.....	26
2. ОПИС ОСНОВНИХ МЕТОДІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ПРОЕКТУ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЗАСОБІВ РЕАЛІЗАЦІЇ.....	28
2.1 Середовище розробки.....	28

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Гайдайчук А. Ю.			Візуалізація моделювання закладу ресторанного господарства для інклюзивних гостей. Моделювання та візуалізація будівлі та приміщень	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів		Болтач С. В.					6	82
Н Контр.		Болтач С. В.				ОНТУ, 122, 342 гр.		
Затвердив		Федченко Ю. С.						

2.1.1	Моделювання та модифікації	28
2.1.2	Сцена та об'єкти.....	30
2.1.3	Рендеринг.....	31
2.1.4	Система нодів	32
2.2	Адони.....	34
2.2.1	Bonsai BIM.....	35
2.2.2	Material Library VX.....	37
3.	ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ.....	38
3.1	Аналіз програмних інструментів для 3D-моделювання	38
3.2	Практичне застосування ІТ-технологій у сфері 3D-моделювання	40
4.	ОПИС ЕТАПІВ РЕАЛІЗАЦІЇ 3D ЗАКЛАДУ	44
4.1	Аналіз вихідного плану об'єкта.....	44
4.2	Побудова базової тривимірної моделі закладу	44
4.3	Додавання архітектурних елементів та заповнення об'єкта.....	46
4.4	Формування елементів інклюзивного середовища.....	47
4.5	Облаштування прилеглої території та літнього майданчика	49
4.6	Перевірка функціональності інклюзивного простору.....	50
5.	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	51
6.	ОХОРОНА ПРАЦІ	61
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	65
	ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	66
	ДОДАТОК А Презентація	70
	ДОДАТОК Б Графічна частина	78
	ДОДАТОК Г Тези	81

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ ВИМІРЮВАННЯ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

IT (Information Technologies) – інформаційні технології.

ПЗ – програмне забезпечення.

3D (3Dimensional) – тривимірний простір.

Безбар'єрний простір – це середовище, у якому відсутні фізичні, інформаційні та сенсорні перешкоди, що забезпечує вільний і безпечний доступ та пересування для всіх людей незалежно від їхніх можливостей.

Універсальний дизайн – це підхід до проєктування будівель, предметів і середовища, за якого вони є зручними та придатними для використання максимально широким колом людей без необхідності додаткової адаптації.

Інклюзивність – це принцип створення умов, за яких усі люди, незалежно від фізичних, сенсорних чи інших особливостей, мають рівні можливості доступу, участі та користування середовищем і послугами.

BIM (Building Information Modeling) – інформаційне моделювання будівель, метод створення цифрової моделі об'єкта з усіма його характеристиками.

IFC (Industry Foundation Classes) – міжнародний відкритий формат даних для обміну інформацією між BIM-системами.

GPL (General Public License) – ліцензія відкритого програмного забезпечення.

Node (укр. нод) – елемент, який використовується для керування матеріалами, текстурами або іншими параметрами.

Add-on (укр. адон) – додатковий програмний модуль, що розширює можливості основного програмного забезпечення.

ВООЗ – Всесвітньої організації охорони здоров'я.

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						8
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Актуальність теми. Після початку повномасштабної війни кількість людей, які потребують безбар'єрного доступу до громадських закладів, суттєво зросла. Тому вимоги інклюзивності стали обов'язковою складовою проєктування ресторанів та інших громадських будівель. Заклади ресторанного господарства повинні враховувати потреби людей з обмеженою мобільністю та інших відвідувачів, щоб створювати комфортне та безпечне середовище. Використання технологій тривимірного моделювання дозволяє ще на етапі проєктування виявити недоліки планування, покращити організацію простору та зменшити витрати на подальші зміни.

Мета і задачі розробки. Метою роботи є моделювання та візуалізація будівлі і приміщень закладу ресторанного господарства для інклюзивних гостей із використанням програмного забезпечення. Реалізація цієї мети передбачає створення цифрової моделі об'єкта з урахуванням вимог доступності та організації внутрішнього простору відповідно до сучасних будівельних норм.

Для досягнення поставленої мети в роботі поставлені і розв'язані наступні задачі:

- проаналізувати вимоги та проблеми до інклюзивного простору в закладах ресторанного господарства;
- проведений аналіз існуючих аналогів;
- проведено аналіз та обґрунтування обрання засобів реалізації;
- дослідити можливості середовища.
- розробити 3D-модель будівлі з урахуванням принципів безбар'єрності;

Об'єктом дослідження є процес проєктування закладу ресторанного господарства з урахуванням потреб інклюзивних гостей.

Предметом дослідження є методи та засоби 3D-моделювання і візуалізації будівель та приміщень у вибраному програмному середовищі. Увага приділяється

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						9
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

застосуванню цифрових інструментів для адаптації громадського простору до потреб різних категорій користувачів.

Методи розробки. У роботі використано методи тривимірного комп'ютерного моделювання, візуалізації, аналізу просторових рішень, а також узагальнення вимог до інклюзивного дизайну. Для створення цифрової моделі застосовано функціональні можливості програмного середовища.

Практичне значення одержаних результатів. Створена модель може бути використана як основа для подальшого розроблення проєктної документації, перевірки відповідності об'єкта будівельним нормам та оцінки доступності для маломобільних груп населення. Результати роботи можуть бути застосовані під час проєктування нових або реконструкції існуючих закладів ресторанного господарства. Крім цього, цифрова модель може використовуватись для демонстрації архітектурних рішень замовникам, інвесторам та фахівцям у сфері будівництва.

Апробація роботи. Тема тези «Роль 3D-технологій в реалізації проєктів будівель» була представлена у XXVI Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених, аспірантів та студентів «Стан, досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій». Було проаналізовано практична роль 3D-технологій у сфері проєктування будівель [1].

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						10
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ, ОПИС ОСНОВНИХ ПРОБЛЕМ ТА РОЛЬ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРЕДМЕТНІЙ ГАЛУЗІ

1.1 Актуальність тематики дослідження, роль інформаційних технологій в предметній галузі

У сучасних умовах розвитку суспільства значення набуває створення доступного та безпечного середовища для всіх категорій населення. Принцип інклюзивності закріплений у Державних будівельних нормах України, зокрема ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення», які регламентують вимоги до доступності будівель і споруд для маломобільних груп населення [2][3]. Також існує міжнародний стандарт ISO 21542:2021 [4] та Європейського Комітета Стандартизації EN 17210:2021 [5]. Ці норми спрямовані на забезпечення рівних умов користування будівлями та приміщеннями, зокрема громадськими закладами, серед яких заклади ресторанного господарства займають важливе місце як простори для харчування, соціальної взаємодії та відпочинку.

Таблиця 1.1 – Порівняльна таблиця стандартів

Критерій	ДБН В.2.2-40:2018	ISO 21542:2021	EN 17210:2021
Статус	Національний обов'язковий будівельний стандарт	Міжнародний рекомендаційний стандарт	Європейський гармонізований стандарт
Сфера застосування	Будівлі та споруди на території України	Усі типи будівель у міжнародній практиці	Будівлі та зовнішній простір у країнах ЄС
Основний підхід	Орієнтація на фізичну доступність	Орієнтація на доступність і usability (зручність використання)	Орієнтація на універсальний дизайн і соціальну інтеграцію
Категорії користувачів	Люди з інвалідністю, маломобільні групи	Усі групи населення, включаючи людей із сенсорними, когнітивними порушеннями	Усі користувачі без винятку (універсальний дизайн)

Продовження таблиці 1.1

Критерій	ДБН В.2.2-40:2018	ISO 21542:2021	EN 17210:2021
Деталізація розмірів	Чітко встановлені конкретні розміри (ширина дверей, пандуси, проходи)	Містить як точні параметри, так і рекомендації	Більше уваги приділяє принципам і функціональності
Сенсорна доступність	Частково описана	Детально описана (тактильність, звук, освітлення, контраст)	Дуже детально описана, включаючи когнітивну доступність
Навігація і орієнтування	Основні вимоги	Розширені вимоги	Максимально розширені вимоги
Універсальний дизайн	Частково реалізований	Повністю інтегрований	Є основною концепцією
Цифрове та інформаційне середовище	Обмежено	Частково включено	Широко включено

Попри це, значна кількість закладів досі має архітектурні та планувальні обмеження, що створюють труднощі для людей з порушеннями опорно-рухового апарату, зору, слуху та інших. До таких проблем належать незручні входи, недостатня ширина проходів, відсутність спеціально облаштованих санітарних зон, а також нераціональне розташування меблів і обладнання. Це свідчить про необхідність удосконалення підходів до проектування.

Для перевірки відповідності будівлі вимогам доступності використовують системи 3D-моделювання та BIM. Сучасні ПЗ 3D-моделювання та візуалізації дозволяють створювати цифрові прототипи будівель і приміщень, що дає змогу оцінити зручність планування ще до реалізації проєкту та зекономити ресурси [6]. Завдяки цьому можна своєчасно виявляти можливі недоліки, тестувати різні варіанти організації простору та приймати обґрунтовані проєктні рішення.

1.2 Основні проблеми предметної галузі

У проєктуванні та реалізації будівель і приміщень із урахуванням потреб інклюзивних гостей існує низка суттєвих проблем, що перешкоджають створенню доступного та функціонального середовища [7][8]. Згідно з результатами соціологічного опитування щодо доступності будівель для інклюзивних груп населення, представленого у звіті «World report on disability» від Всесвітньої організації охорони здоров'я [9], основними перешкодами є сходи без пандусів, вузькі дверні прорізи, відсутність ліфтів у багатоповерхових будівлях, а також недоступність санітарних приміщень і шляхів пересування. Високі бордюри та нерівне покриття заважають вільному пересуванню на кріслах колісних. Все це можна поділити на матрицю за рівнем критичності.

	ФІЗИЧНЕ 	ІНФОРМАЦІЙНЕ 	СЕНСОРНЕ 
КРИТИЧНИЙ	Відсутність пандусів; вузькі двері (<0.9 м). 	Повна відсутність навігації та мнемосхем. 	Відсутність звукових та світлових сигналів тривоги. 
СЕРЕДНІЙ	Круті пандуси (>8%); вузькі проходи (<1.5 м). 	Відсутність дублювання (Брайль/аудіо); немарковане скло. 	Слабкий візуальний контраст сходів; засліплюючі відблиски. 
ЛОКАЛЬНИЙ	Неправильне розміщення меблів та вимикачів. 	Дрібний шрифт; низький контраст табличок. 	Нерівномірне освітлення; різка зміна яскравості між зонами. 

Рисунок 1.1 – Матриця ключових бар'єрів за рівнем критичності

Увагу необхідно приділяти людям із сенсорними порушеннями, зокрема зору та слуху. Відсутність тактильних покажчиків, контрастного маркування дверей, сходів і скляних поверхонь ускладнює безпечне пересування та підвищує ризик травм. Для створення безбар'єрного інформаційного середовища рекомендується застосовувати тактильні смуги та рельєфне покриття,

аудіосигнали для орієнтації, тактильні плани приміщень, а також контрастне та рівномірне освітлення.

Нижче наведено класифікацію проблем та рекомендації щодо їх усунення відповідно до ДБН В.2.2-40:2018.

1.2.1 Фізичне безбар'єрне середовище

Архітектурні обмеження у містобудівному середовищі ускладнюють доступ до соціально значущих об'єктів. Звіт ВООЗ підтверджує, що фізичне середовище є одним із головних бар'єрів. Згідно з глобальним опитуванням у 114 країнах 43% країн не мають стандартів доступності для громадських будівель та 44% країн не мають стандартів доступності для шкіл, медичних закладів [7, С. 172]. та інших державних установ.

Практична реалізація принципів безбар'єрності передбачає врахування параметрів, які забезпечують безперервність і безпечність пересування в межах будівлі. Зокрема, достатня ширина основних шляхів руху дозволяє не лише забезпечити прохідність, але й створює умови для маневрування крісла колісного без ризику блокування маршруту іншими елементами простору. Аналогічно, параметри дверних прорізів та входних зон визначають рівень автономності користувача, оскільки саме ці ділянки найчастіше стають критичними точками маршруту.

Для забезпечення доступності рекомендуються:

- ширина основних шляхів руху (коридорів) повинна становити не менше 1,5 м, що забезпечує безпечного пересування та розвороту крісла колісного;
- ширина дверних прорізів має бути не менше 0,9 м;
- перед дверима необхідно передбачати майданчики розміром не менше 1,5 х 1,5 м для маневрування;
- пандуси повинні мати ухил не більше 5% (1:20) для комфортного користування, у виняткових випадках допускається до 8 % на коротких ділянках;
- обов'язковим є облаштування поручнів на висоті 0,7 м і 0,9 м;

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						14
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

- мінімальний простір для розвороту крісла колісного становить діаметр 1,5 м.

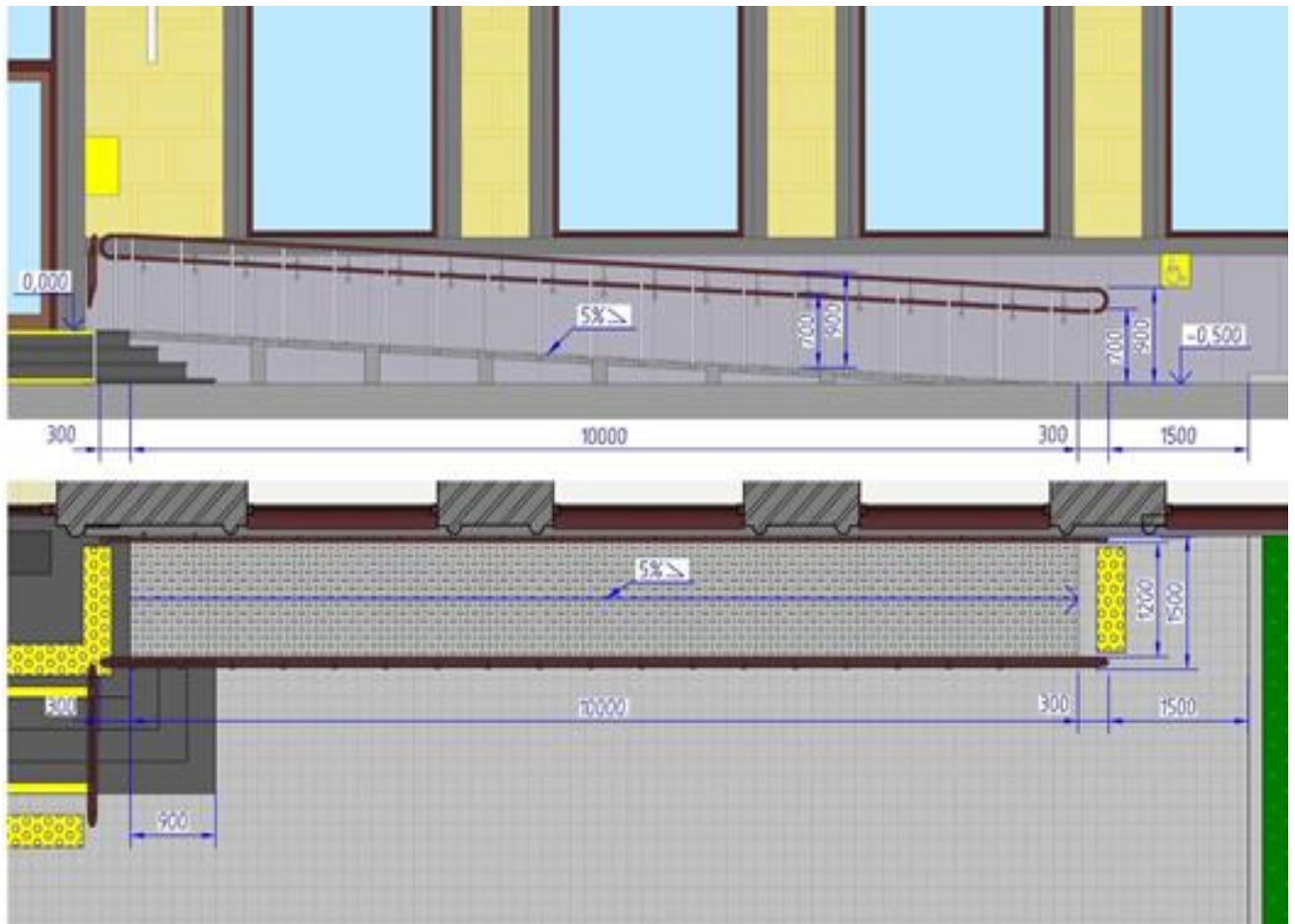


Рисунок 1.2 – Схема одномаршового пандусу згідно ДБН [11]

1.2.2 Інформаційне безбар'єрне середовище

Це передбачає створення умов, за яких кожен відвідувач може легко отримати необхідну інформацію незалежно від своїх фізичних або сенсорних особливостей:

- на шляхах руху необхідно передбачати тактильні направляючі та попереджувальні смуги;
- навігаційні покажчики повинні бути розташовані та забезпечувати безперервність маршруту руху;
- скляні поверхні повинні мати контрастне маркування на висоті 0,9 – 1,5 м.

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						15
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

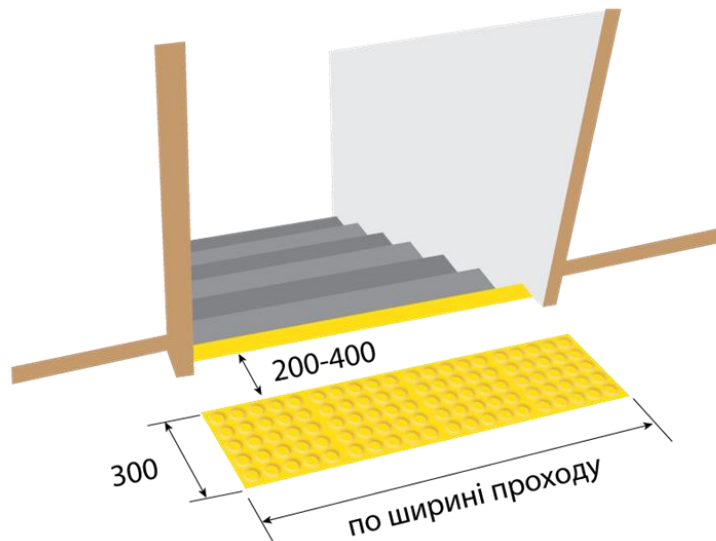


Рисунок 1.3 – Приклад попереджувальної тактильної плитки [12]

- інформаційні таблички повинні розміщуватися на висоті 1,2–1,6 м від рівня підлоги для зручності сприйняття;
- текст має бути виконан контрастними кольорами відносно фону для забезпечення кращої видимості;
- важлива інформація повинна дублюватися тактильними елементами або шрифтом Брайля;



Рисунок 1.4 – Приклад мнемосхеми, тактильної інформації [13]

1.2.3 Універсальний безпечний простір

Простір повинен підходити різним групам відвідувачів без необхідності спеціальних «окремих» зон:

- ширина проходів між меблями повинна бути не менше 0,9 м;
- висота робочих поверхонь, стійок або столів повинна бути в межах 0,7–0,85 м для забезпечення доступності;
- необхідно передбачати вільний простір під столами глибиною не менше 0,5 м і висотою не менше 0,67 м;
- елементи керування (вимикачі, кнопки) повинні розташовуватися на висоті 0,6–1,1 м;
- підлога повинна бути рівною, без порогів або з порогами не більше 0,02 м;
- меблі та обладнання не повинні створювати перешкод на шляхах руху.



Рисунок 1.5 – універсальний дизайн приміщення [14]

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						17
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.4 Сенсорна інклюзія

Особливу увагу необхідно приділяти забезпеченню доступності для людей із порушеннями зору та слуху, оскільки, за статистичними даними, близько 314 мільйонів людей у світі мають порушення зору, з яких 45 мільйонів є повністю сліпими [7, С. 171], а близько 278 мільйонів людей мають помірні або глибокі порушення слуху [7, С. 170]. Сенсорна доступність спрямована на створення комфортного середовища для людей із різними особливостями сприйняття та передбачає забезпечення рівномірного освітлення без різких тіней і засліплюючих ефектів, достатнього рівня освітленості на шляхах руху для безпечного пересування, використання контрастних кольорів для позначення дверей, сходів та інших важливих елементів, нанесення контрастного маркування на краї сходинок, застосування неслизького та безпечного покриття підлоги, а також уникнення різких змін освітлення між різними функціональними зонами приміщення.



Рисунок 1.6 – Скляні двері з контрастним маркуванням [13]

Також важливо забезпечувати не лише візуальну, а й альтернативну форму подачі інформації, зокрема використання світлових індикаторів, візуальних систем оповіщення та інформаційних табло, що дозволяють людям із

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						18
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

порушеннями слуху своєчасно отримувати необхідні повідомлення, орієнтуватися у просторі та безпечно користуватися будівлею. Наявність контрастного маркування, світлових індикаторів і тактильних елементів допомагає людям із порушеннями зору та слуху орієнтуватися в будівлі.



Рисунок 1.7 – Міжнародний символ порушення слуху [13]

1.2.5 Неправильні вхідні дані

Однією з важливих проблем під час проєктування інклюзивних будівель є використання неправильних або неповних вхідних даних дизайнером. Згідно звіту ВООЗ, основний брак компонента обізнаності про інвалідність у навчальних програмах планувальників, архітекторів та інженерів-будівельників [7, С.173]. Це може проявлятися у відсутності врахування чинних будівельних норм і стандартів доступності, зокрема вимог щодо ширини проходів, розмірів дверних прорізів, параметрів пандусів та зон маневрування. Також поширеною помилкою є проєктування без урахування потреб різних груп користувачів, включаючи людей із порушеннями зору, слуху або опорно-рухового апарату. Крім того, проблемою є відсутність консультацій із профільними спеціалістами, такими як архітектори, фахівці з безбар'єрності або представники інклюзивних спільнот, що може призвести до створення середовища, яке формально відповідає дизайну, але фактично є незручним або недоступним для користування. Такі помилки знижують якість проєкту та можуть вимагати додаткового коригування на пізніших етапах.

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						19
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

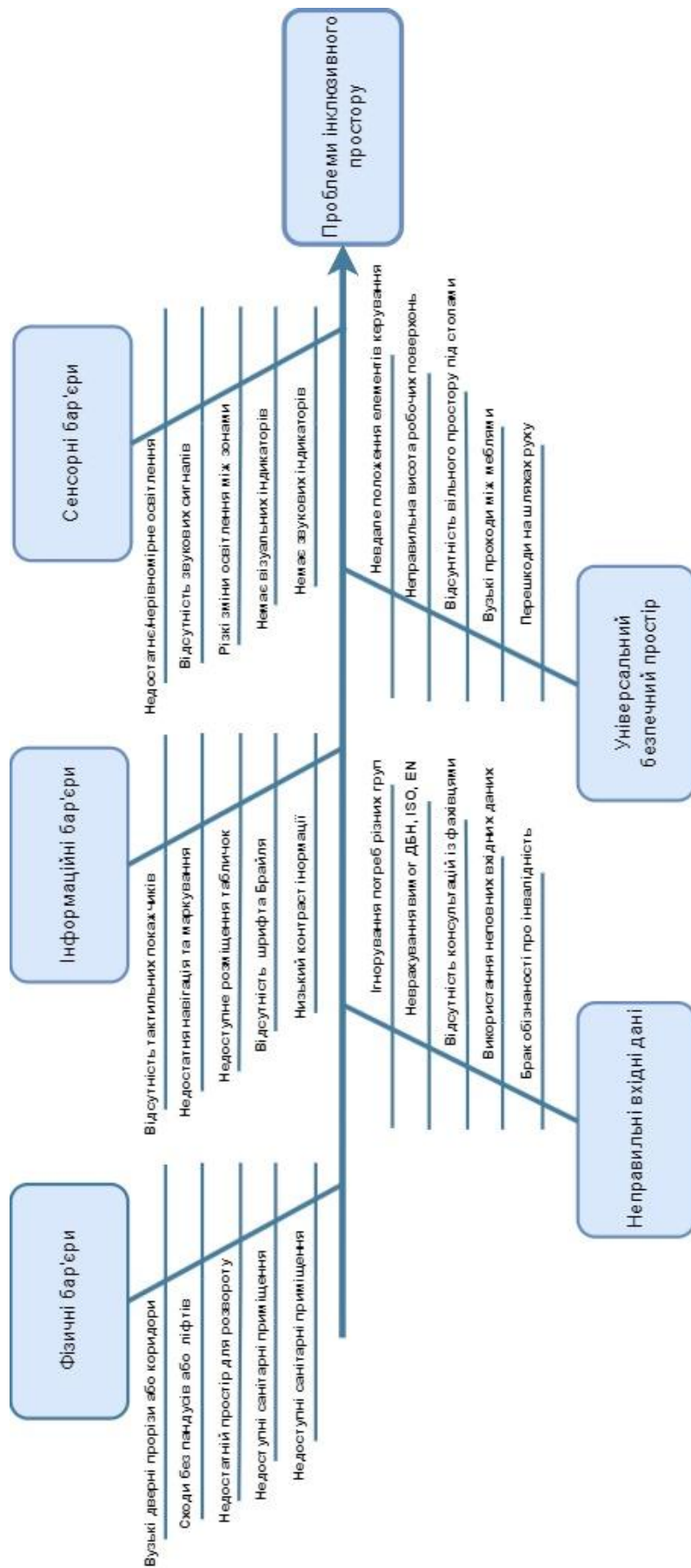


Рисунок 1.8 – Схема Іскави основних проблем

1.3 Аналіз аналогічних систем

1.3.1 Universal Design single-family residence

Цей житловий будинок є сучасною приватною резиденцією, розташованою у місті Сент-Луїс (США), яка була розроблена архітектурним бюро Srote & Co Architects у межах проєкту 9147 Clayton [15]. Проєктування 3D моделі будинку здійснювалося у платному середовищі автоматизованого проєктування AutoCAD, що використовується для створення точних креслень та планів [16]. Також програма підтримує як двовимірне креслення, так і базове тривимірне моделювання, що значно спрощує підготовку проєктної документації та її подальшу інтеграцію з іншими програмними засобами.

Будинок створений відповідно до концепції універсального дизайну. На першому поверсі розташована основна спальня з повністю доступною ванною кімнатою, що дає мешканцям користуватися всіма необхідними функціями без необхідності підніматися сходами. Важливою особливістю є наявність ліфта, який забезпечує зручне переміщення між усіма трьома поверхами, що також дає можливість користуватися будівлею людям з різними фізичними можливостями без обмежень.



Рисунок 1.9 – Огляд безбар'єрного простіру

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						21
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

У проєкті реалізовано сім основних принципів універсального дизайну, зокрема рівноправне використання, гнучкість у використанні, простоту та інтуїтивність середовища, наявність візуально зрозумілої інформації через використання кольорових контрастів, мінімізацію фізичних зусиль та забезпечення достатнього простору для підходу і користування.



Рисунок 1.10 – Вигляд будинку з універсальним дизайном

1.3.2 Universal Design Living Laboratory (UDLL)

Другий будинок є національним демонстраційним проєктом універсального дизайну, розташованим у штаті Огайо (США) [17]. План будівлі відтворили у платному середовищі ScetchUp [18]. Даний програмний засіб призначений для тривимірного моделювання архітектурних об'єктів і відзначається простотою інтерфейсу та швидкістю створення геометрії. SketchUp дозволяє швидко формувати план, працювати з точними розмірами, групами та компонентами.

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						22
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Будинок побудований по принципу «жива лабораторія», який орієнтований на створення максимально комфортного житлового та робочого середовища для різних категорій користувачів без застосування спеціальних підйомних платформ чи ліфтів. Основна увага приділена організації внутрішнього простору у межах одного рівня: широкі проходи, відсутність порогів, зручна висота робочих поверхонь і достатній простір у ванній кімнаті.



Рисунок 1.11 – 3D огляд ванної кімнати

Крім того, будинок виконує не лише житлову, але й освітню функцію, оскільки в його структурі передбачено навчальний простір, де проводяться семінари та демонстрації для архітекторів, дизайнерів та інших фахівців. Проєкт також поєднує принципи універсального дизайну з екологічною стійкістю,

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						23
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

використовуючи енергоефективні технології, природне освітлення та екологічні матеріали.



Рисунок 1.12 – Вигляд будинку з універсальним дизайном

1.3.3 Ed Roberts Campus

Ed Roberts Campus – це громадська багатофункціональна будівля, розташована в місті Берклі (штат Каліфорнія, США) [19]. Вона була створена як центр, що об'єднує організації, які працюють у сфері захисту прав людей з інвалідністю та розвитку інклюзивних практик. 3D модель будівлі також була створена у середовищі ScetchUp. Універсальний дизайн реалізований комплексно та включає пандус як основний архітектурний елемент вертикального переміщення, що дає доступ до різних рівнів будівлі. Також застосовано автоматичні двері, широкі коридори та безбар'єрні входи, що забезпечують зручність пересування для всіх користувачів. Особливу увагу приділено сенсорній

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						24
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

доступності: використано контрастні матеріали, різні текстури покриття підлоги та акустичні орієнтири для полегшення навігації.

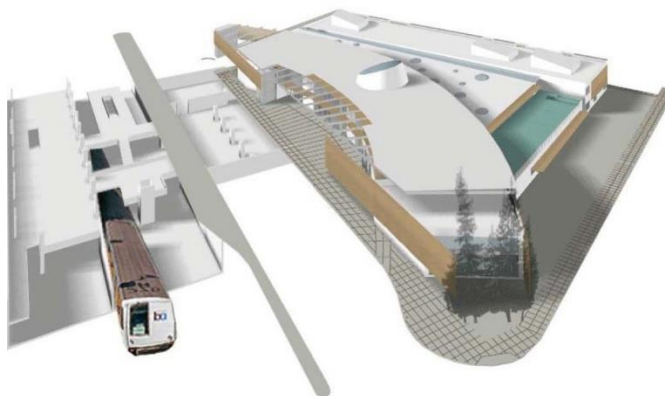


Рисунок 1.13 – 3D вигляд кампусу

У кампусі застосовані автоматичні двері, пандуси, контрастне маркування та акустичні орієнтири.



Рисунок 1.14 – Безбар'єрний простір у кампусі

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						25
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.4 Порівняльна таблиця аналогів

Для визначення сучасних підходів до проєктування безбар'єрного середовища було проведено аналіз існуючих архітектурних об'єктів, у яких реалізовано принципи інклюзивності та універсального дизайну.

Таблиця 1.2 – Порівняльна таблиця аналогів

Аналог	Тип об'єкта	Основні інклюзивні рішення	Особливості
Universal Design Living Laboratory (UDLL)	Демонстраційний житловий будинок	Входи без порогів, широкі дверні прорізи та коридори, ергономічне розташування меблів, доступні санітарні приміщення	Демонстраційний та навчальний об'єкт; приклад інтеграції інклюзивності у стандартне житло. Створений у середовищі ScetchUp
Ed Roberts Campus	Громадський навчально-офісний центр	Гвинтовий пандус як основний елемент переміщення, автоматичні двері, широкі коридори, сенсорні елементи навігації	Поєднання фізичної та сенсорної доступності; використання контрастів, акустичних орієнтирів та універсального дизайну. Створений у середовищі ScetchUp
Universal Design single-family residence (9147 Clayton)	Індивідуальний житловий будинок	Ліфт між поверхами, доступні ванні кімнати, розташування основної спальні на першому поверсі, забезпечення достатнього простору для пересування	Реалізація 7 принципів універсального дизайну; адаптація будинку до потреб людини протягом життя. Створений у середовищі AutoCAD

1.4 Мета розробки, постановка задачі, технічне завдання

Метою даної роботи є розробка тривимірної моделі закладу ресторанного господарства з урахуванням потреб інклюзивних гостей та створення його реалістичної візуалізації. Створення такої моделі дає можливість перевірити правильність архітектурних рішень ще на етапі проєктування, виявити можливі

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		26

недоліки планування та запропонувати варіанти їх усунення без необхідності фізичної перебудови об'єкта.

Постановка задачі. В першу чергу необхідно вирішити комплекс задач, пов'язаних з аналізом предметної галузі. Необхідно розробити тривимірну модель закладу ресторанного господарства з урахуванням принципів інклюзивності та безбар'єрності, що дозволить наочно представити архітектурно-просторову організацію об'єкта. Модель повинна відображати основні функціональні зони приміщення, елементи інтер'єру та конструктивні особливості, а також забезпечувати можливість оцінки зручності пересування та доступності для всіх категорій відвідувачів. У процесі розробки особлива увага приділяється організації вхідної групи, формуванню безпечних маршрутів пересування, розміщенню дверних прорізів, пандусів, санітарних приміщень та інших елементів інклюзивного середовища. Також важливим завданням є створення цифрової моделі, яка може бути використана для подальшого аналізу, модернізації або адаптації об'єкта відповідно до змін нормативних вимог.

Технічне завдання. У процесі виконання роботи необхідно створити тривимірну модель закладу ресторанного господарства, яка відображає його зовнішню та внутрішню структуру. Основні задачі:

- проаналізувати план будівлі закладу;
- розробити 3D модель будівлі закладу;
- відтворити внутрішнє планування приміщень відповідно до функціонального призначення;
- забезпечити відповідність моделі принципам інклюзивності та безбар'єрності;
- виконати візуалізацію розробленої моделі для її подальшого аналізу.

Результатом виконання роботи повинна стати тривимірна модель закладу ресторанного господарства, яка поєднує архітектурну точність, функціональність та відповідність принципам інклюзивного середовища. Модель містить планування приміщень, меблі, дверні прорізи та елементи безбар'єрності, тому її можна використовувати як основу для подальшого доопрацювання.

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						27
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ОПИС ОСНОВНИХ МЕТОДІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ПРОЕКТУ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЗАСОБІВ РЕАЛІЗАЦІЇ

2.1 Середовище розробки

Середовищем розробки було обрано Blender для створення 3D моделі закладу. Blender є сучасним програмним забезпеченням для 3D-моделювання, що поширюється за ліцензією GPL [20]. Це означає, що програма є безкоштовною для використання, а її вихідний код відкритий, що дає змінювати її під конкретні потреби проєкту та використовувати додаткові розширення [21].



Рисунок 2.1 – Blender

Blender виконує повний цикл створення тривимірної сцени в одному середовищі. Це включає створення геометрії, налаштування матеріалів, освітлення, камери, а також фінальну візуалізацію. Такий підхід дає єдину інформаційну модель об'єкта без необхідності використання додаткових програм [22].

2.1.1 Моделювання та модифікації

Інструменти моделювання забезпечують створення об'єктів різної складності, у тому числі архітектурні рішення. Наприклад точно відтворювати

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						28
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

планування приміщень, проходи та інші компоненти середовища, що є важливим під час проєктування безбар'єрних просторів.

Робота з об'єктами починається зі створення базових примітивів, таких як куб, площина, циліндр або сфера, які виступають основою для подальшого редагування. Після цього в режимі редагування (Edit Mode), де доступні інструменти зміни вершин, ребер і граней об'єкта, що надасть формувати необхідну форму відповідно до плану приміщення.

Інструмент Extrude дає змогу витягувати частини об'єкта для створення стін, перегородок, що є частиною моделювання інтер'єру закладу. Інструмент Loop Cut використовується для додавання додаткових ліній розрізу, що дає деталізувати об'єкти та створювати складніші форми. Також широко застосовується інструмент Bevel, який згладжує краї об'єктів, роблячи їх більш реалістичними та наближеними до реальних предметів. Це важливо під час створення меблів, поручнів, дверей та інших елементів середовища, з якими взаємодіють відвідувачі [23].

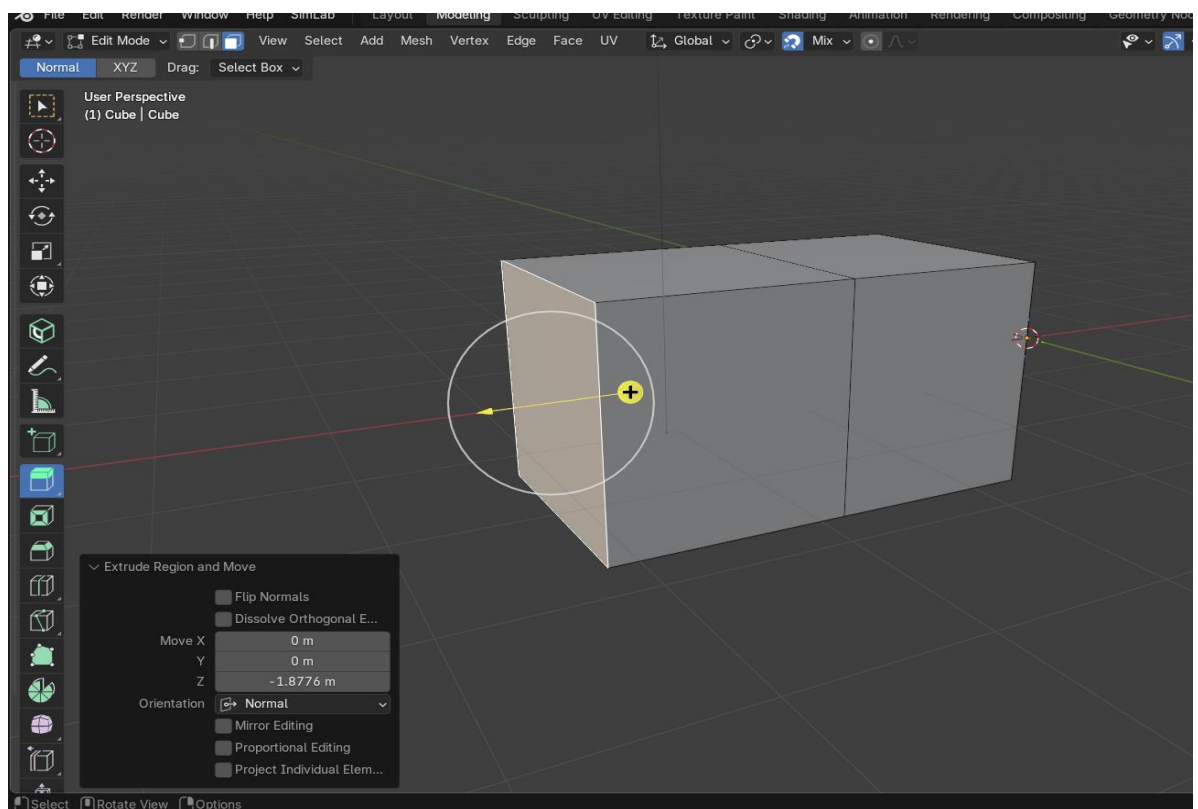


Рисунок 2.2 – Приклад інструментів моделювання Extrude

Крім цього, Blender підтримує використання модифікаторів, які значно спрощують процес моделювання та дає змінювати об'єкти без втрати початкової геометрії. Наприклад, модифікатор Mirror автоматично створювати симетричні об'єкти, що є корисним під час проєктування приміщень із симетричним плануванням [24].

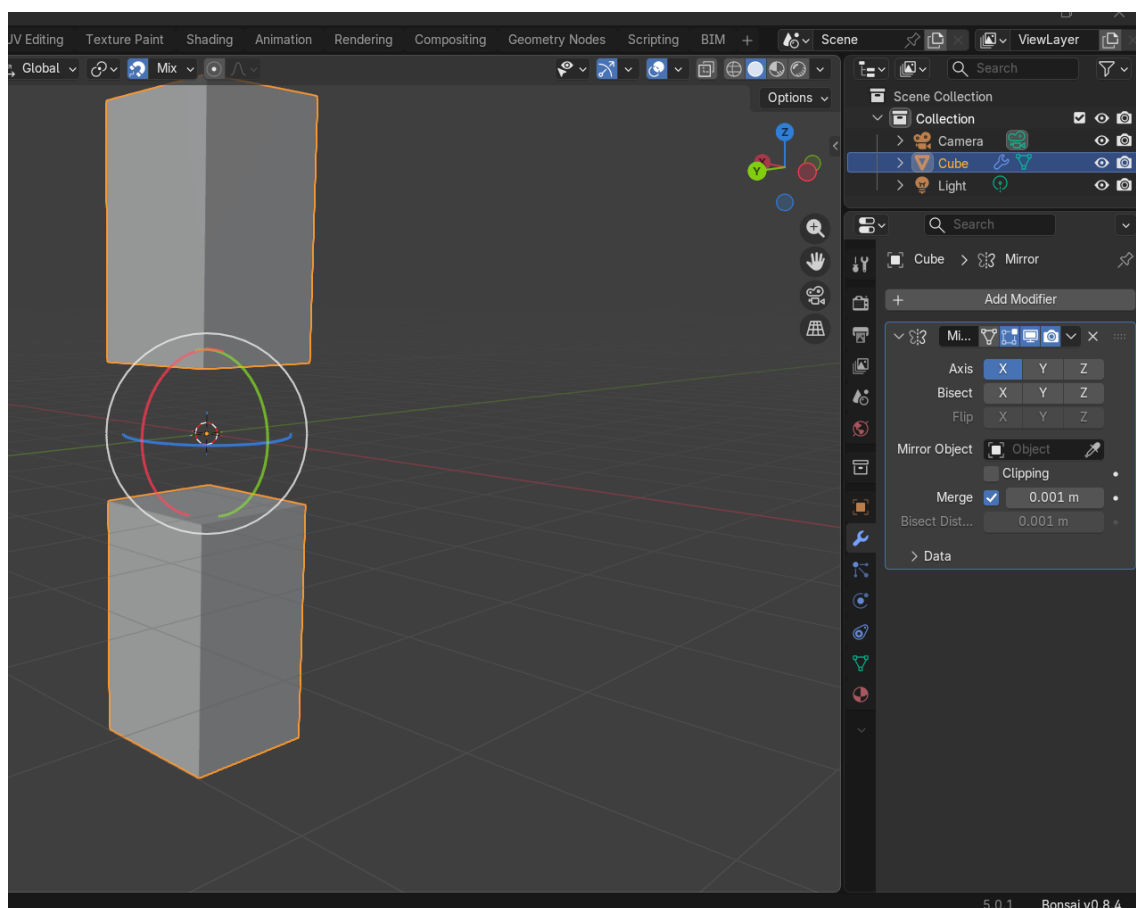


Рисунок 2.3 – Приклад модифікатора Mirror

2.1.2 Сцена та об'єкти

У Blender робота організована у вигляді сцен, які містять об'єкти, освітлення, камери. Сцена є основним робочим середовищем, де відбувається моделювання та візуалізація.

Усі об'єкти сцени відображаються у спеціальній структурі, яка називається ієрархією. Це надає зручно організовувати складні сцени, що містять велику кількість елементів. Наприклад, можна об'єднувати окремі об'єкти в групи

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						30
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

відповідно до їх функціонального призначення, такі як меблі, освітлення або архітектурні конструкції. Така організація спрощує керування сценою, швидко знаходити потрібні елементи та редагувати їх без необхідності взаємодії з усією сценою [25].

Крім цього, сцена підтримує використання колекцій, які логічно розділяє об'єкти відповідно до їх функцій або розташування. Можливо тимчасово приховувати або відображати окремі частини сцени, що значно спрощує процес редагування складних проєктів. Такий підхід корисний під час роботи з великими архітектурними моделями, де необхідно поетапно створювати та перевіряти різні частини приміщення.

Сцени та колекції використовувалися для організації меблів, освітлення та архітектурних елементів моделі.

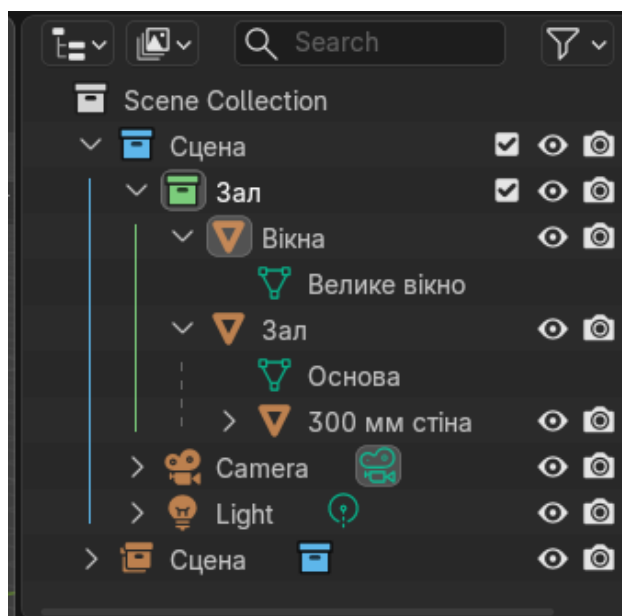


Рисунок 2.4 – Приклад організації сцени та об'єктів

2.1.3 Рендеринг

Процес рендерингу базується на обчисленні взаємодії світла з поверхнями об'єктів. Джерела світла освітлюють сцену, а система рендерингу визначає, як світло відбивається, поглинається або проходить крізь матеріали. Наприклад

створювати тіні, відблиски, напівпрозорі поверхні та інші візуальні ефекти, які характерні для реального середовища. Завдяки цьому можна оцінити, як саме виглядатиме приміщення при різних умовах освітлення, наприклад денному або штучному світлі [26].

Також важливу роль відіграє рендеринг, під час проектування інклюзивних просторів, оскільки правильне освітлення є фактором комфорту для відвідувачів. Наприклад, можна перевірити рівень освітленості проходів, зон відпочинку або інформаційних стендів, що дає визначити, чи не створює освітлення додаткових труднощів для людей із порушеннями зору або підвищеною чутливістю до світла. Крім цього, рендеринг надає оцінити контрастність об'єктів, що є важливим для забезпечення чіткої видимості елементів середовища.



Рисунок 2.5 – Приклад простого рендерингу

2.1.4 Система нодів

Система нодів керує властивостями матеріалів через логічні зв'язки між параметрами. Такий підхід створює реалістичні поверхні, швидко змінювати їх властивості та експериментувати з візуальними рішеннями без необхідності повного перероблення сцени [27].

Принцип роботи системи полягає у з'єднанні таких нодів між собою за допомогою зв'язків, що формують єдину структуру матеріалу. Наприклад, один нод може відповідати за базовий колір поверхні, інший за текстуру. У результаті їх поєднання створюється повноцінний матеріал, який можна застосувати до будь-якого об'єкта сцени. Так можна керувати зовнішнім виглядом моделей і змінювати параметри без необхідності створювати матеріал заново.

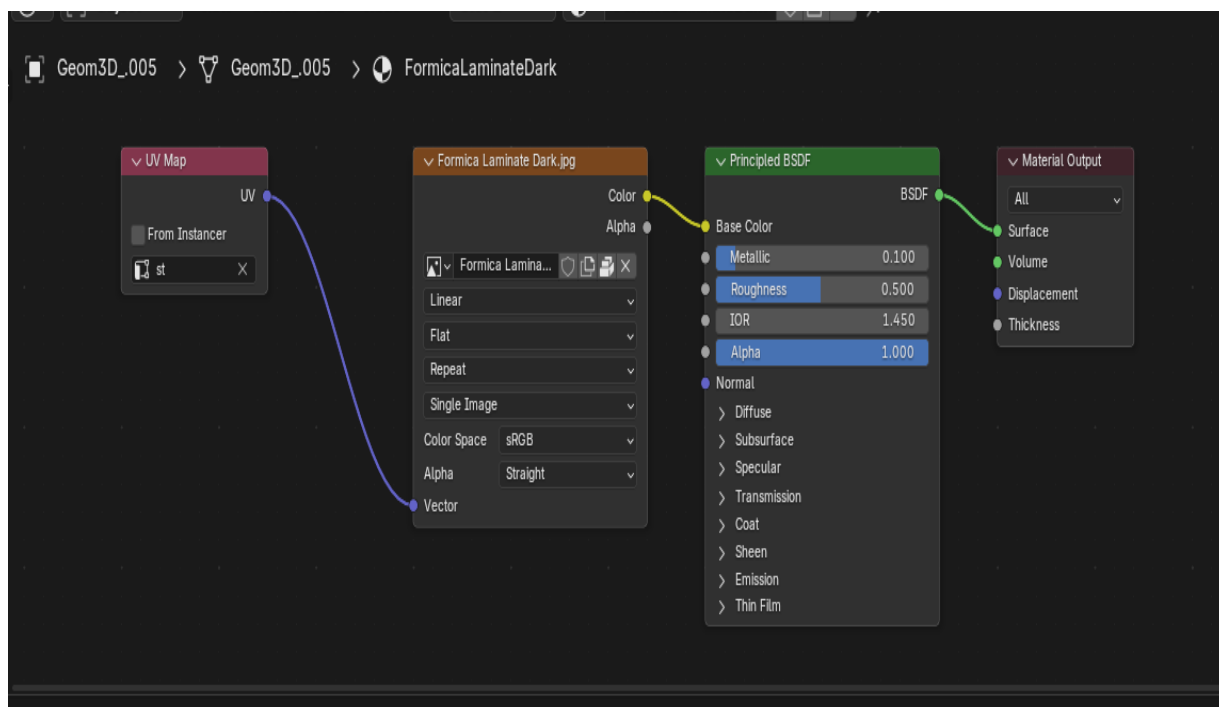


Рисунок 2.6 – Приклад з'єднання нодів

Використання системи нодів є важливим під час проєктування архітектурного середовища, оскільки дозволяє створювати реалістичні матеріали, такі як бетон, скло, дерево, метал або пластик. Також це можливість максимально точно відтворити вигляд реальних об'єктів інтер'єру, наприклад підлоги, стін, меблів або інформаційних стендів. Завдяки цьому можна оцінити, наскільки добре елементи середовища помітні, чи достатній рівень контрастності.



Рисунок 2.7 – Результат створення схеми нодів на об’єктах.

2.2 Адони

Адони є додатковими модулями, які розширюють стандартні можливості середовища розробки та адаптувати його під конкретні завдання. У середовищі Blender доступна велика кількість адонів для моделювання, архітектурного проєктування, роботи з матеріалами та автоматизації процесів [28].

Завдяки відкритому коду та гнучкій архітектурі програми адони можна легко встановлювати, налаштовувати та використовувати у процесі розробки. Воно значно спрощують створення складних об’єктів, підвищує точність моделювання та прискорює виконання проєкту. Використання адонів є корисним при проєктуванні будівель, оскільки вони дозволяють працювати з параметричними об’єктами, швидко вносити зміни та оптимізувати процес створення тривимірної сцени.

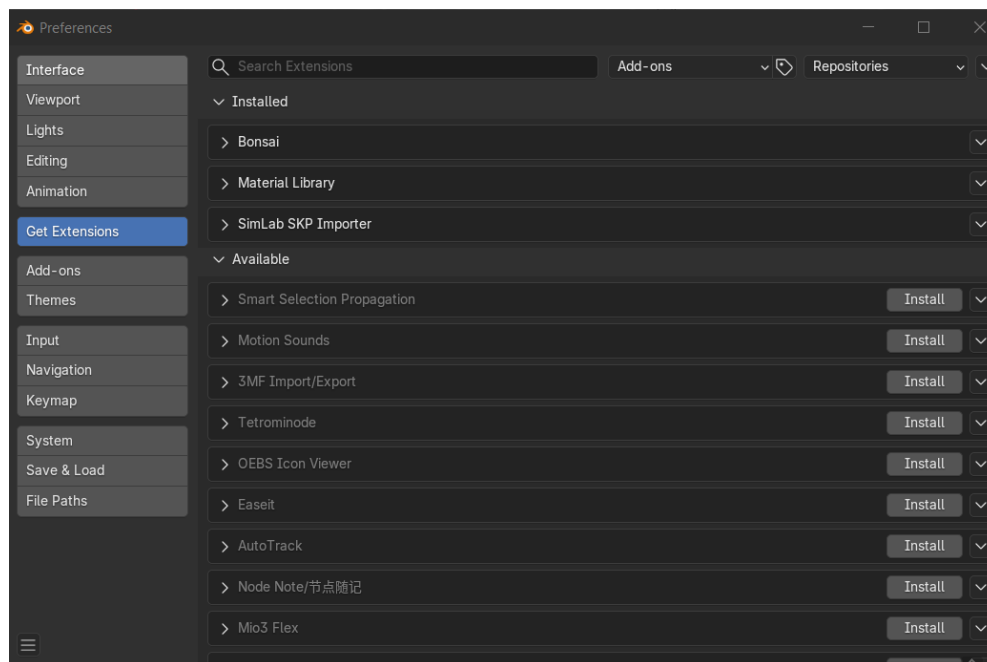


Рисунок 2.8 – Вкладка налаштування адонів

2.2.1 Bonsai BIM

Параметричне моделювання у середовищі Blender може бути значно розширене за рахунок використання адона Bonsai BIM, який орієнтований на архітектурне та будівельне проєктування. Даний адон є спеціалізованим інструментом для роботи зі стандартом IFC, який є міжнародним форматом, що використовується для обміну інформацією у сфері будівництва та BIM-проєктування. Можливість створювати моделі будівель, які містять не лише геометрію, але й додаткові параметри об'єктів, такі як розміри, властивості матеріалів та функціональне призначення [29].



Рисунок 2.9 - BonsaiBIM

Адон Bonsai створений на основі відкритого проєкту IfcOpenShell, який забезпечує точну роботу з геометрією та сумісність з іншими BIM-системами. Завдяки цьому створена модель будівлі може використовуватися не лише для візуалізації, але й для подальшого аналізу, редагування та вдосконалення проєкту.

Bonsai надає набір інструментів, які охоплюють різні етапи роботи з будівлею. Основною функцією, яка використовується у межах даного проєкту, є створення IFC-моделей, що дає виконувати параметричне моделювання архітектурних елементів, таких як стіни, підлога, двері, вікна та інші конструкції. Особливістю є те, що ці об'єкти створюються не як звичайна геометрія, а як параметричні елементи, які можна змінювати у будь-який момент. Наприклад, можна швидко змінити висоту стіни або ширину дверей без необхідності створювати їх заново. Це значно спрощує процес проєктування та дозволяє швидко адаптувати модель під необхідні вимоги.

Крім цього, адон містить інструменти для перевірки та аналізу моделей, створення креслень, проєктування інженерних систем, розрахунку вартості та управління об'єктом. Однак у межах даної роботи ці можливості не є основними, оскільки проєкт орієнтований саме на створення тривимірної моделі та її візуалізацію. Тому найбільш важливими функціями є саме інструменти параметричного моделювання, які дозволяють швидко створювати архітектурні елементи будівлі та редагувати їх параметри.



Рисунок 2.10 – Робочий простір адону

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		36

2.2.2 Material Library VX

Адон Material Library VX є додатковим модулем для середовища Blender, який призначений для спрощення роботи з матеріалами та їх застосування у 3D-сцені. Його основна мета полягає у прискоренні процесу візуального оформлення об'єктів без необхідності ручного створення складних матеріалів через систему нодів. Адон інтегрується безпосередньо у вкладку матеріалів панелі властивостей, що надає зручний і швидкий доступ до бібліотеки готових рішень [30].

Material Library VX надає структуровану бібліотеку матеріалів, яка містить готові зразки для різних типів поверхонь, зокрема скла, металу, дерева, пластику, плитки та інших поширених будівельних матеріалів. Також доступні базові шаблони, які можна редагувати відповідно до потреб проєкту. Так можливо швидко застосовувати реалістичні текстури до архітектурних елементів, таких як підлога, стіни, меблі або декоративні об'єкти, що значно прискорює процес створення фінальної візуалізації.

Адон містить ряд корисних функцій, які підвищують ефективність роботи. Зокрема, функція застосування матеріалу до виділених об'єктів одним кліком призначити потрібний матеріал одразу кільком елементам сцени. Також підтримується робота у режимі редагування, що дає можливість призначати різні матеріали окремим частинам одного об'єкта, наприклад різним сторонам меблів або ділянкам стіни.

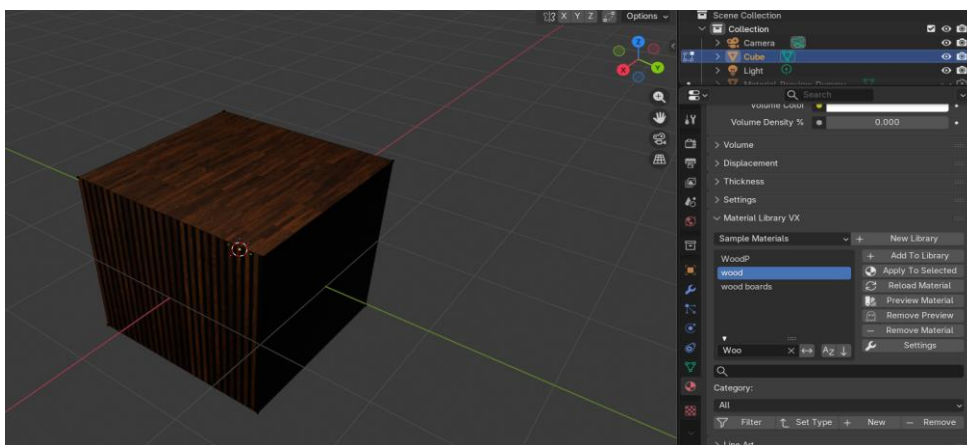


Рисунок 2.11 – Текстура дерева з бібліотеки

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		37

3. ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ

3.1 Аналіз програмних інструментів для 3D-моделювання

На етапі проєктування системи було проведено аналіз сучасних програмних засобів, що використовуються для створення тривимірних моделей архітектурних об'єктів. Основна увага приділялася можливостям програмного забезпечення щодо побудови точної геометрії, роботи з великими сценами, підтримки параметричного моделювання та інтеграції BIM-технологій. Для реалізації поставленого завдання важливим фактором була можливість створення не лише візуальної моделі будівлі, а й формування інформаційної структури об'єкта відповідно до сучасних стандартів проєктування.

У процесі аналізу було визначено основні критерії вибору ПЗ:

- підтримка точного моделювання на основі реальних розмірів;
- можливість роботи зі складними сценами;
- застосування матеріалів та текстур;
- підтримка сучасних форматів файлів.

За результатами аналізу для реалізації проєкту було обрано Blender як основне середовище моделювання та Bonsai BIM як інструмент для роботи з BIM-структурою об'єкта. Така комбінація дозволяє поєднати створення тривимірної геометрії з формуванням інформаційної моделі будівлі.

На рисунку 3.1 представлено діаграму варіантів використання системи. Основним актором є розробник, який виконує побудову тривимірної моделі закладу. Процес моделювання починається зі створення базової геометрії об'єкта на основі аналізу архітектурного плану. Після формування основних конструктивних елементів виконується моделювання приміщень та окремих функціональних зон будівлі. Для виконання поставлених завдань використовуються інструменти Blender, а також додаткові модулі Bonsai BIM і Material Library VX. Bonsai BIM застосовується для формування BIM-структури об'єкта та призначення елементам відповідних класів IFC. Material Library VX

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						38
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

використовується для швидкого призначення матеріалів і текстур архітектурним елементам моделі.

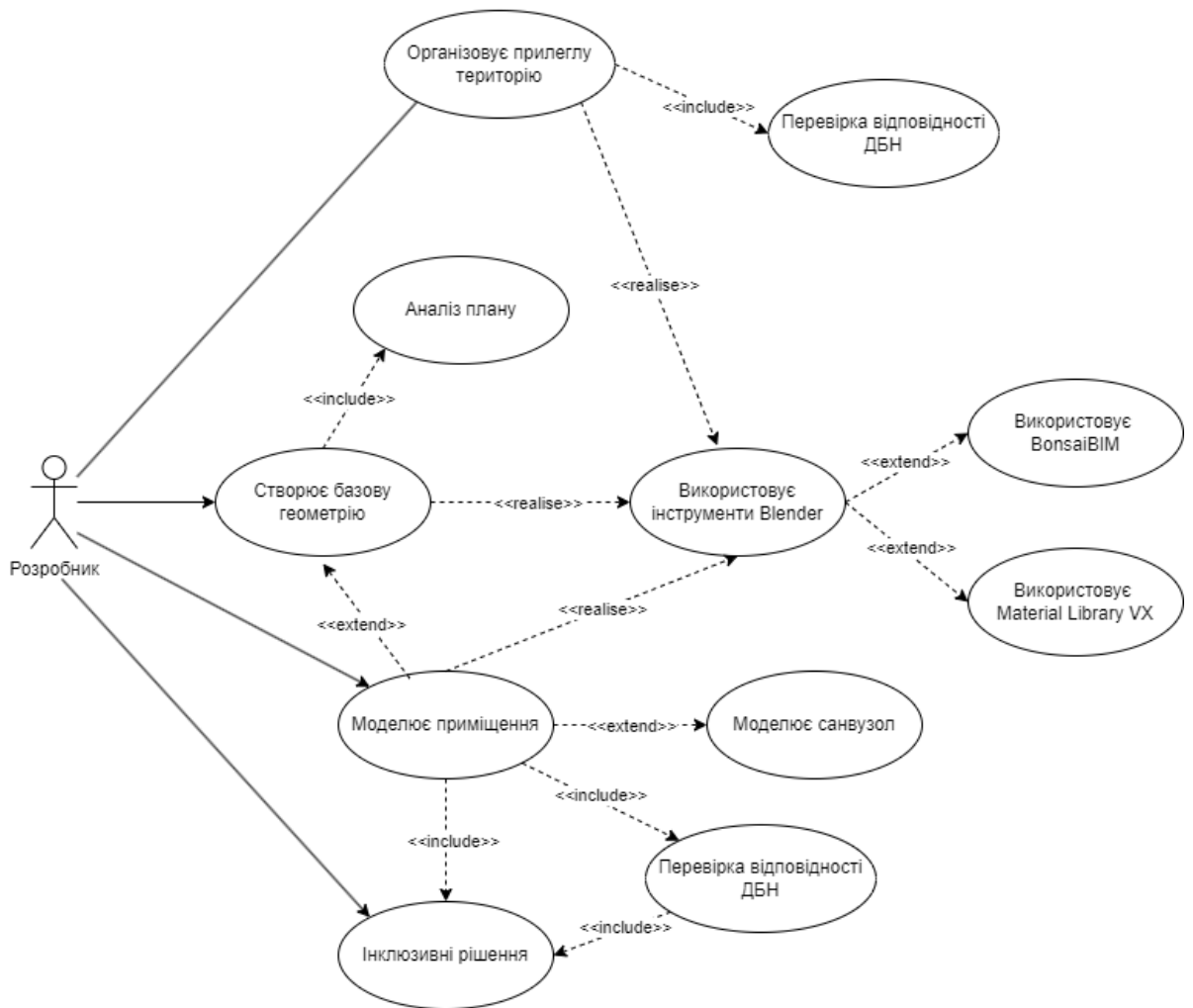


Рисунок 3.1 – Діаграма варіантів використання системи 3D-моделювання

На рисунку 3.2 наведено діаграму компонентів системи. Центральним компонентом виступає Blender, який забезпечує створення та редагування тривимірної моделі. Для розширення його функціональності використовуються зовнішні компоненти Bonsai BIM та Material Library VX.

Компонент Bonsai BIM взаємодіє з IFC-компонентом, через який забезпечується робота з інформаційною моделлю будівлі та підтримка міжнародного стандарту Industry Foundation Classes. IFC-компонент використовує бібліотеки будівельних об'єктів та забезпечує збереження інформації про конструктивні елементи моделі.

Material Library VX взаємодіє з бібліотекою текстур і надає доступ до готових матеріалів для оформлення архітектурних елементів. Blender також використовує бібліотеку моделей, що дозволяє додавати до проєкту готові об'єкти та скорочувати час створення сцени.

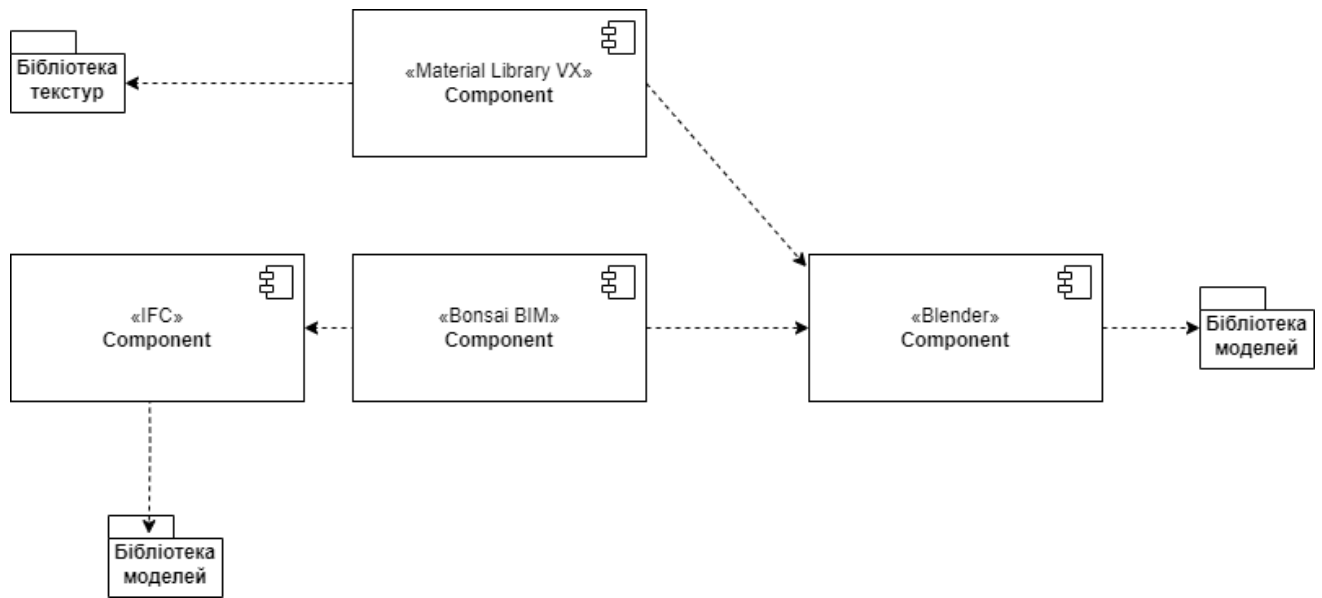


Рисунок 3.2 – Діаграма компонентів системи

3.2 Практичне застосування ІТ-технологій у сфері 3D-моделювання

Під час виконання проєкту було реалізовано процес створення цифрової BIM-моделі закладу ресторанного господарства з урахуванням вимог інклюзивності. Для цього використовувалися програмне середовище Blender та доповнення Bonsai BIM, що забезпечують роботу як з геометричними, так і з інформаційними характеристиками об'єкта.

На рисунку 3.3 представлено діаграму активності процесу моделювання. Робота над проєктом розпочинається з аналізу вимог до інклюзивних рішень та вивчення можливостей програмного забезпечення Blender і Bonsai BIM. Після цього виконується аналіз архітектурного плану будівлі, який використовується як основа для створення тривимірної моделі.

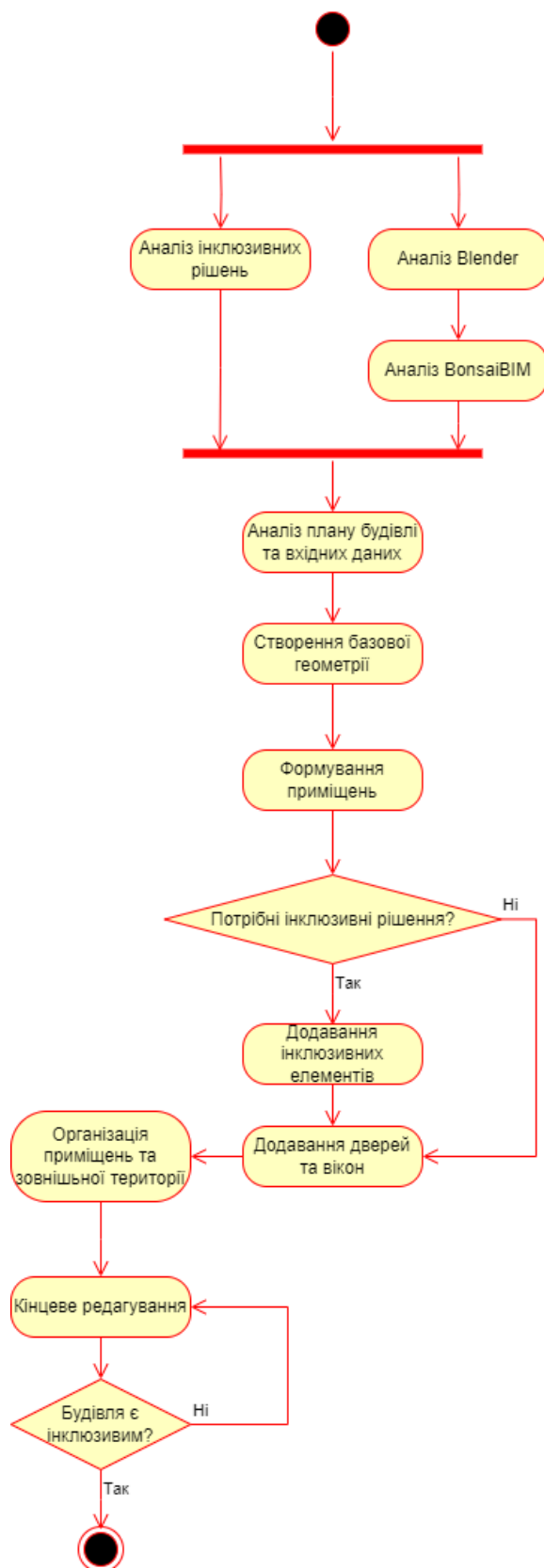


Рисунок 3.3 – Діаграма активності процесу моделювання

Наступним етапом є побудова базової геометрії будівлі. На цьому етапі створюються зовнішні стіни, внутрішні перегородки, перекриття та інші основні

конструктивні елементи. Після завершення формування конструкції здійснюється моделювання окремих приміщень та функціональних зон закладу.

Далі виконується перевірка необхідності впровадження спеціальних інклюзивних рішень. Якщо проєкт передбачає адаптацію середовища для маломобільних груп населення, до моделі додаються пандуси, тактильні смуги, мнемосхеми та адаптовані санітарні вузли. Якщо такі рішення не потрібні, виконується стандартне наповнення моделі архітектурними елементами, зокрема дверима та вікнами.

Після завершення моделювання основних елементів проводиться організація внутрішнього простору приміщень, розміщення меблів та перевірка взаємного розташування об'єктів. Завершальним етапом є кінцеве редагування моделі, під час якого усуваються виявлені недоліки, перевіряється відповідність планувальних рішень вимогам доступності та виконується підготовка моделі до подальшої візуалізації.

На рисунку 3.4 наведено діаграму послідовності створення BIM-моделі. У процесі роботи взаємодіють: розробник, Blender, Bonsai BIM та IFC-модель.

Створення моделі починається з побудови базової геометрії будівлі у середовищі Blender. Після формування основних конструктивних елементів розробник використовує інструменти Bonsai BIM для переведення створених об'єктів у BIM-структуру. Bonsai BIM формує відповідні записи в IFC-моделі та повертає результати до Blender у вигляді інформаційно пов'язаних об'єктів.

Після отримання BIM-структури розробник виконує додавання дверей, вікон та інших архітектурних елементів. Для кожного нового об'єкта повторно застосовуються інструменти Bonsai BIM, які забезпечують його інтеграцію до IFC-моделі та збереження інформаційних характеристик.

Аналогічна послідовність використовується під час створення елементів інклюзивного середовища. Після моделювання пандусів, тактильних смуг, мнемосхем вони також переводяться до BIM-структури через Bonsai BIM і реєструються в IFC-моделі як окремі будівельні елементи.

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						42
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

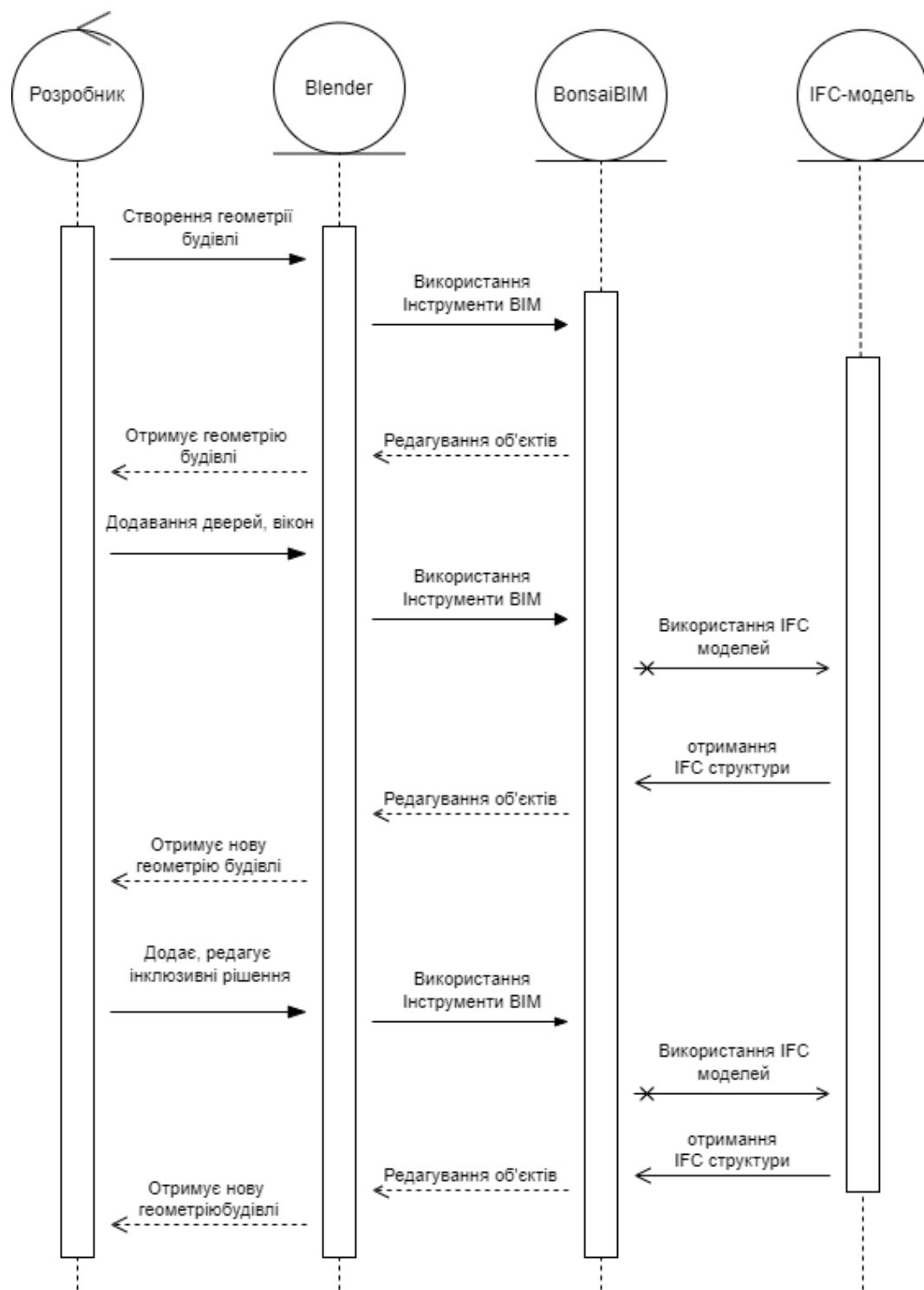


Рисунок 3.4 – Діаграма послідовності створення BIM-моделі

У результаті формується цілісна BIM-модель, яка містить не лише геометричне представлення будівлі, а й інформацію про її складові. Це спрощує внесення змін до проєкту, перевірку відповідності нормативним вимогам та подальше використання моделі для аналізу або модернізації об'єкта.

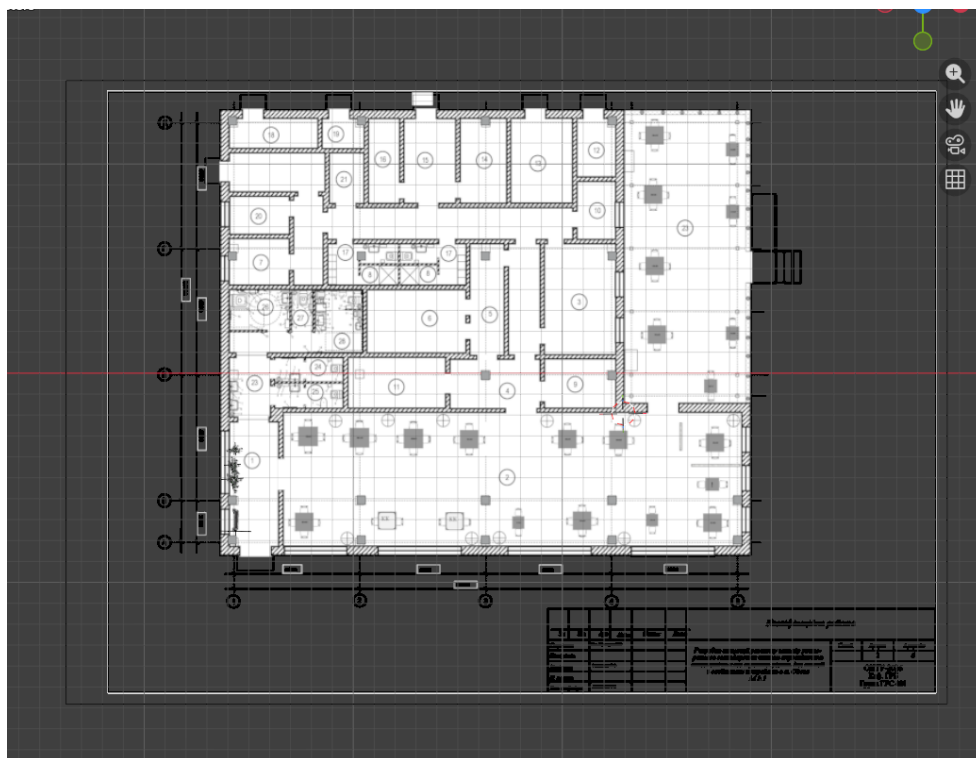


Рисунок 4.2 – Імпорт зображення

У процесі моделювання за допомогою BonsaiBIM створюються основні конструктивні елементи: зовнішні стіни, внутрішні перегородки, підлога, стовпи та стеля. У режимі BIM моделювання, використовуються інструменти для швидкого створення приміщень з автоматичним задавання розміру та стандартів.

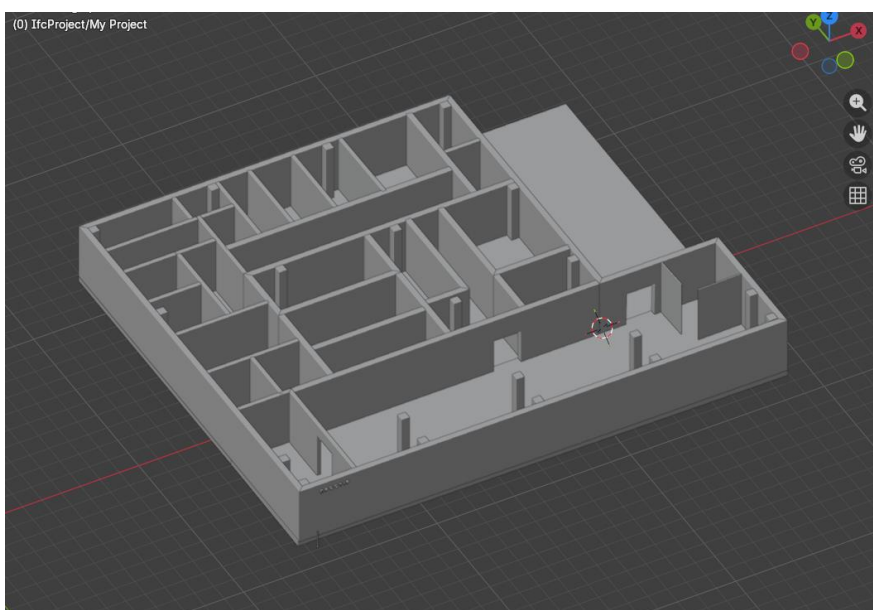


Рисунок 4.3 – Побудова базової геометрії

4.3 Додавання архітектурних елементів та заповнення об'єкта

Після створення базової структури приміщення виконується наповнення моделі основними архітектурними елементами. До проєкту додаються вікна, дверні прорізи, внутрішні двері, а також зовнішній вхід до закладу. Кожен створений елемент переводиться у структуру інформаційної моделі шляхом додавання його до відповідної колекції BonsaiBIM.

У процесі роботи спочатку створюється окремий об'єкт у Blender, наприклад двері, пандус або тактильна плитка. Після цього через інструменти BonsaiBIM об'єкт прив'язується до певного класу IFC, наприклад IfcDoor, IfcSlab, IfcRamp або IfcCovering. Для вікон і дверей додатково задавалися параметри розташування та розмірів. Це спрощувало внесення змін у процесі роботи над моделлю. У разі зміни планувального рішення не було потреби створювати елемент повторно, достатньо було скоригувати його параметри у BIM-структурі. Це систематизує модель і дає зберігати всі елементи не лише як геометрію, а як повноцінні будівельні об'єкти з технічними характеристиками.

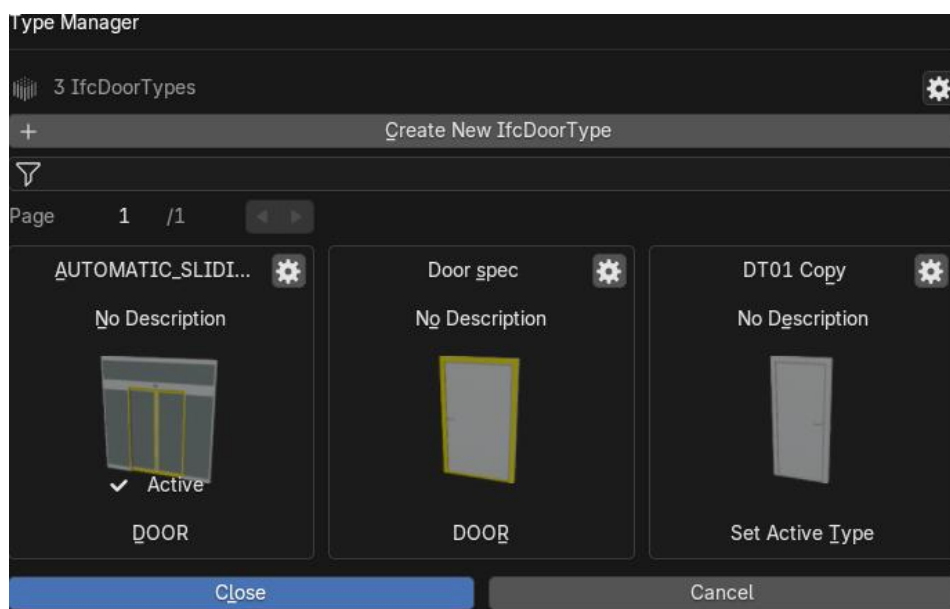


Рисунок 4.4 – Додані двері

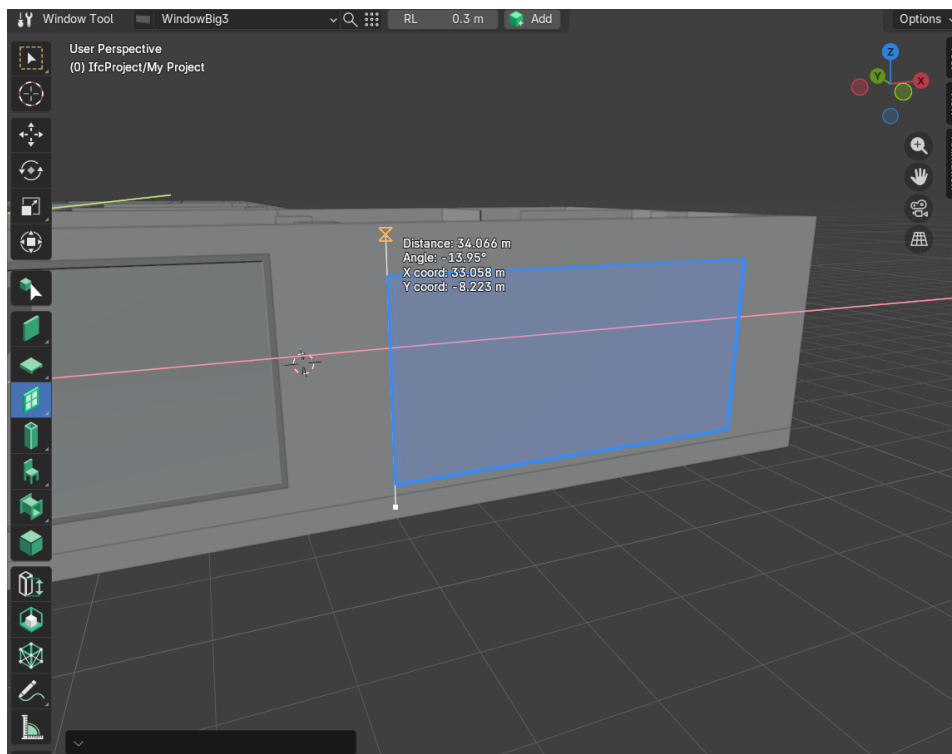


Рисунок 4.5 – Процес встановлення вікон

4.4 Формування елементів інклюзивного середовища

На наступному етапі реалізуються елементи, що безпосередньо забезпечують безбар'єрний доступ до закладу. До моделі додається пандус біля входу, який створюється відповідно до нормативного ухилу та ширини. Поряд із пандусом передбачено достатню площу для маневрування крісла колісного. Під час створення пандуса враховувалися вимоги щодо його ширини та ухилу. Також передбачалися вільні зони перед початком і після завершення пандуса. Наявність таких майданчиків забезпечує можливість безпечного пересування користувачів крісел колісних. Біля входу розташовується мнемосхема.

Окремо моделюються тактильні смуги, що розміщуються на шляхах пересування та біля входу. Для цього створюються окремі геометричні площини, яким задається відповідна фактура, що вказує на зони орієнтування для людей із порушеннями зору. Через модифікатор Argaу задається довжина смуг.

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						47
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

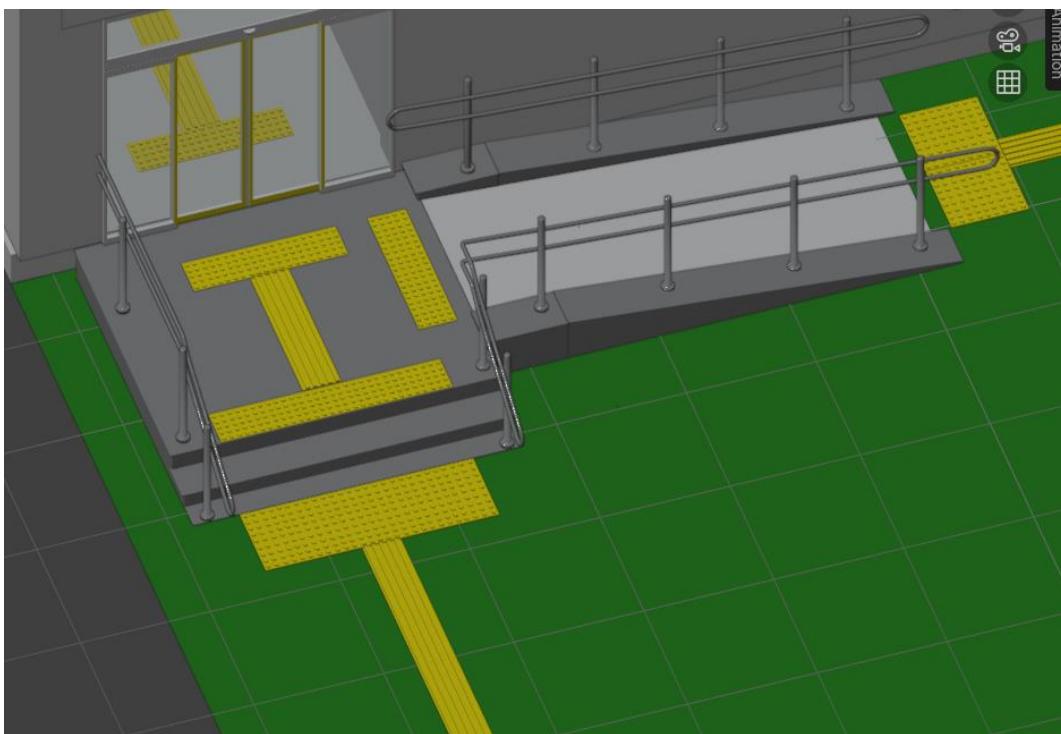


Рисунок 4.6 – Реалізація пандуса, тактильних смуг

Також формується адаптований санітарний вузол. При його створенні враховується достатня площа для розвороту, ширина дверей та вільний доступ до основного обладнання. Розташування проходів між зонами закладу перевіряється шляхом вимірювання відстаней між меблями та конструктивними елементами.

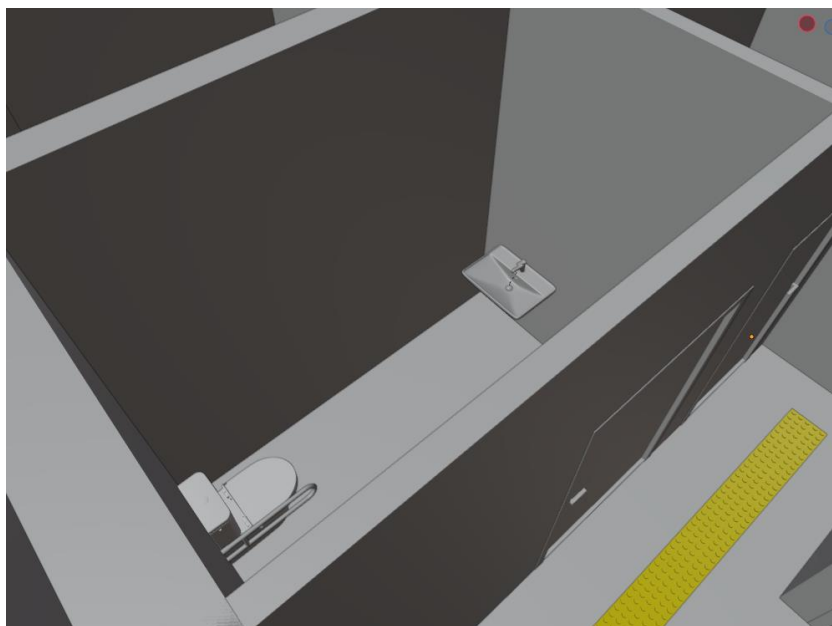


Рисунок 4.7 – Процес проєктування санвузла

4.5 Облаштування прилеглої території та літнього майданчика

Після завершення моделювання внутрішнього простору закладу виконується створення зовнішньої території, яка включає підхід до будівлі та літній майданчик. Літній майданчик моделюється як продовження функціонального простору закладу. На прилеглої території розміщуються столи, стільці, огорожі та навіси, при цьому зберігається достатня ширина проходів між меблями для безперешкодного пересування. Такий підхід дає оцінити не лише внутрішню, а й зовнішню доступність об'єкта, що є важливим для комплексного проектування інклюзивного середовища.

Під час розміщення меблів враховувалася можливість доступу до кожного столу без перетину основних маршрутів руху. Частина місць передбачає збільшений простір для розміщення відвідувачів, які використовують допоміжні засоби пересування. Окремо перевірялося розташування навісів та огорожень, щоб вони не створювали додаткових перешкод на шляху руху.



Рисунок 4.8 – Формування літнього майданчика

4.6 Перевірка функціональності інклюзивного простору

Завершальним етапом роботи стала перевірка створеної моделі на відповідність вимогам доступності та безбар'єрності. Для цього було проаналізовано проходи між меблями, ширину дверних прорізів, доступність входу до будівлі, а також можливість переміщення між основними функціональними зонами закладу.

Під час перевірки виконувалося послідовне проходження маршрутів руху від вхідної групи до обідньої зали, санітарного вузла та літнього майданчика. Особлива увага приділялася ділянкам, де відвідувачам необхідно змінювати напрямок руху або проходити через дверні прорізи. Додатково контролювалася наявність достатнього простору для маневрування крісла колісного біля входів, столів та інших об'єктів інтер'єру.

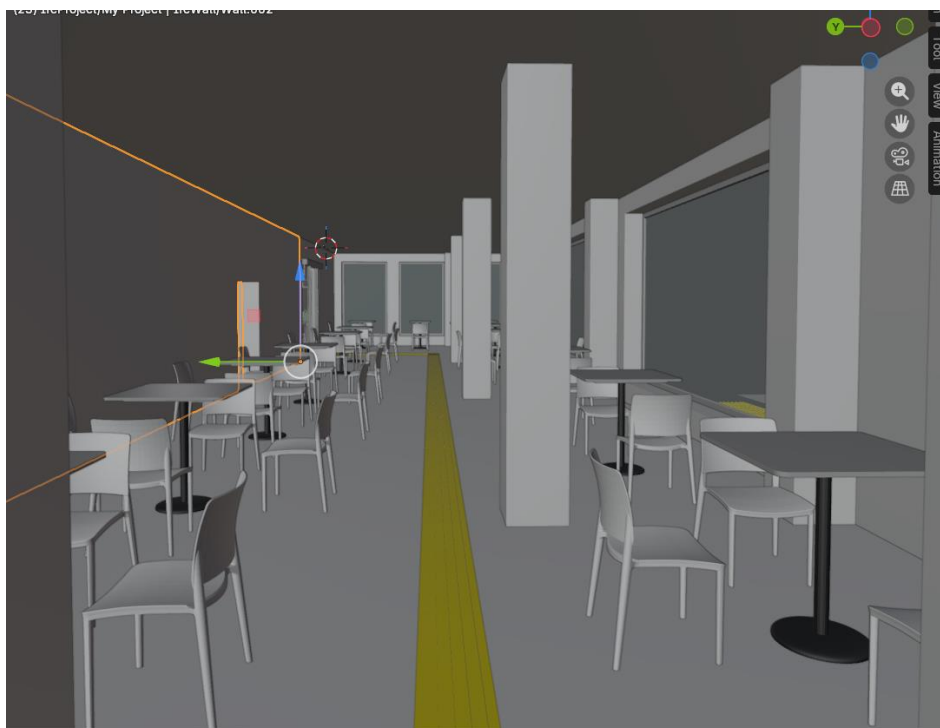


Рисунок 4.9 – Перевірка доступності та проходів у моделі

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Організаційно-економічне обґрунтування проєкту.

Даний розділ присвячений обґрунтуванню економічної доцільності розробки тривимірної моделі закладу ресторанного господарства з урахуванням потреб інклюзивних гостей. Основними завданнями проєкту є створення точного цифрового прототипу будівлі, що дасть виявити архітектурні бар'єри на стадії проєктування та забезпечити безперешкодний доступ для маломобільних груп населення.

Класифікаційну оцінку проєкту:

1. Клас проєкту – монопроєкт (спрямований на створення конкретного об'єкта).
2. Тип проєкту – змішаний (поєднує технічні рішення щодо моделювання та соціальні аспекти інклюзивності).
3. Вид проєкту – дослідницько-інноваційний (застосування BIM-технологій у Blender для розв'язання задач безбар'єрності).
4. Тривалість – короткостроковий.
5. Рівень: корпоративний/регіональний.

Крім технічного результату, проєкт має практичне значення для підвищення доступності громадських просторів. Створення інклюзивного середовища сприяє розширенню кола потенційних відвідувачів закладу та враховує потреби людей з обмеженою мобільністю, осіб похилого віку, батьків з дитячими візками та інших груп населення.

Порівняльний техніко-економічний аналіз методів та засобів реалізації.

Для вибору оптимального шляху реалізації було проведено порівняння існуючих методів моделювання (табл. 5.1) та програмного забезпечення провідних компаній (табл. 5.2).

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						51
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 – Порівняльна таблиця методів

Метод	Переваги	Недоліки
Параметричне 3D-моделювання (BIM)	Висока точність; автоматичні розрахунки; можливість змін без переробки всього проєкту	Високі вимоги до кваліфікації; складність освоєння
Візуальне 3D-моделювання (Blender, SketchUp)	Швидка візуалізація; зручність для презентацій; низький порог входу	Менша точність для інженерних задач; обмежена робота з даними
VR/AR моделювання	Можливість «пройтися» по об'єкту; виявлення проблем доступності	Потребує додаткового обладнання; висока вартість
Симуляція поведінки користувачів	Аналіз руху маломобільних груп; оптимізація простору	Складність налаштування; залежність від якості даних
CAD-проєктування (2D + 3D)	Простота; широко використовується; стандартизованість	Низька інтеграція; відсутність повної інформаційної моделі

Таблиця 5.2 – Порівняльна таблиця конкурентів

Компанія	Переваги	Недоліки
Autodesk	Лідер ринку; потужні інструменти (Revit, AutoCAD); велика екосистема	Висока вартість; складність для новачків

Продовження таблиці 5.2

Компанія	Переваги	Недоліки
Trimble	Інтеграція з геоданими; SketchUp для швидкого моделювання	Обмежена функціональність у складному BIM
Dassault Systèmes	Потужне 3D та інженерне моделювання	Орієнтація більше на промисловість
Nemetschek Group	Рішення для архітектури (ArchiCAD); гнучкість	Менша популярність у порівнянні з Autodesk
Hexagon AB	Точні інженерні рішення; робота з геопросторовими даними	Вузька спеціалізація
AECOM	Реалізація великих BIM-проєктів; глобальний досвід	Висока вартість послуг
Arup	Інтеграція інженерії та дизайну; інновації	Складні та дорогі проєкти
Sanveo	BIM + VDC рішення; автоматизація процесів	Менша відомість
3D Repo	Хмарні BIM-рішення; співпраця в реальному часі	Обмежений функціонал порівняно з гігантами
Bentley Systems	Робота з інфраструктурою	Менш популярна в архітектурі

Економічні розрахунки проєкту. Визначення трудомісткості розробки методом сітьового планування. Для розрахунку часових витрат на створення тривимірної моделі інклюзивного закладу ресторанного господарства визначимо перелік основних робіт та їх тривалість (табл. 5.3). Етапи розробки сформовані з

урахуванням специфіки архітектурного моделювання в Blender та наповнення моделі BIM-даними.

Таблиця 5.3 – Перелік основних робіт

№ коду	Найменування роботи	Тривалість, дні	Попередня робота
0–1	Аналіз плану будівлі та вимог ДБН В.2.2-40:2018	4	–
1–2	Розробка архітектурної концепції та технічного завдання	3	0–1
2–3	Створення базової геометрії (стіни, перекриття)	6	1–2
3–4	Моделювання інклюзивних елементів (пандуси, санвузли)	8	2–3
4–5	Налаштування параметричних BIM-даних (Bonsai BIM)	5	3–4
5–6	Узгодження текстурівання та налаштування освітлення сцени	7	4–5
6–7	Узгодження рендерингу візуалізацій та підготовка документації	4	5–6
	Загальна тривалість проєкту	37	

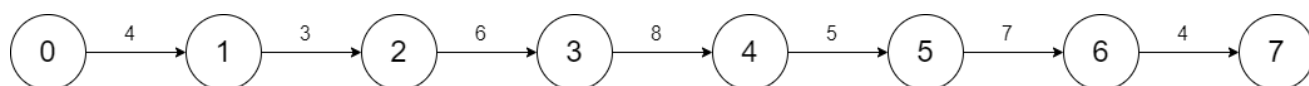


Рис. 5.1 – Мережевий графік проєкту

Визначення трудомісткості розробки програмного продукту (ПП).
Тривалість та складність розробки тривимірної моделі закладу ресторанного господарства з наповненням BIM-даними безпосередньо залежить від обсягу функцій, що реалізуються, та кваліфікації розробника [31].

Для визначення трудомісткості використаємо метод структурної аналогії. Оскільки розробка інклюзивної моделі передбачає значний обсяг введення геометричних даних та параметризації елементів згідно з ДБН В.2.2-40:2018, оберемо як аналог «ПЗ уведення інформації» (позиція 4 у Таблиці 5.3 методичних вказівок) [31, С.11]. Прийнемо умовний обсяг функцій проєкту V_o рівним 2500 машинних команд [31, С.21].

Згідно з нормативами (табл. 5.4), базова норма часу T_b для такого обсягу становить 253 люд/год [31, С.11]. Враховуючи, що створення архітектурної BIM-моделі є проєктом середньої складності, застосуємо поправочний коефіцієнт $K_k=0,8$ [31, С.22].

Розрахунок загальної трудомісткості розробки (T_p) проводиться за формулою:

$$T_p = K_k * T_b \quad (5.1)$$

$$T_p = 0,8 * 253 = 202,4 \text{ люд/год.}$$

Таблиця 5.4 – Значення питомих коефіцієнтів трудомісткості стадії в загальній трудомісткості розробки ПЗ

Код стадії	Ступінь новизни		
	А	Б	В
ТЗ	0.15	0.12	0.12
ТП	0.16	0.15	0.11
РП	0.55	0.58	0.61
ВП	0.14	0.15	0.16

Трудомісткість окремих стадій розробки визначається за формулами, де L_i – питома вага етапу, а K_{nov} – коефіцієнт новизни (для розробки на базі існуючих рішень – ступінь «Б», $K_{nov}=0,8$) [31, С.12]:

1. Технічне завдання (ТЗ):

$$T_{tz} = T_p * L_1 * K_{nov} = 202,4 * 0,12 * 0,8 = 19,4 \text{ люд/год}$$

2. Технічний проєкт (ТП):

$$T_{tp} = T_p * L_2 * K_{nov} = 202,4 * 0,15 * 0,8 = 24,3 \text{ люд/год}$$

3. Робочий проєкт (РП):

$$T_{rp} = T_p * L_3 * K_{nov} * K_t = 202,4 * 0,58 * 0,8 * 1,0 = 93,9 \text{ люд/год}$$

4. Впровадження (ВН):

$$T_{vn} = T_p * L_4 * K_{nov} = 202,4 * 0,15 * 0,8 = 24,3 \text{ люд/год}$$

Загальна розрахункова трудомісткість складає:

$$\sum T_i = 19,4 + 24,3 + 93,9 + 24,3 = 161,9 \text{ люд/год}$$

Тривалість розробки у робочих днях (T_{days}) при 8-годинному робочому дні та коефіцієнті календарних днів 0,73 [31, С.13]:

$$T_{days} = \frac{\sum T_i}{8 * 0,73} = \frac{161,9}{5,84} \approx 28 \text{ днів} \quad (5.2)$$

Розрахунок ціни розробки ПП. Для визначення вартості розробки необхідно розрахувати собівартість (S) та нормативний прибуток (P_r). Ціна (C) розраховується за формулою [31, С.13]:

$$C = K * S + P_r \quad (5.3)$$

де $K=1,1$ – коефіцієнт на виготовлення дослідного зразка.

1. Матеріальні витрати (S_m): папір, накопичувачі та енергоносії складають 800,00 грн.

2. Витрати на використання ЕОМ (S_e): при 120 годинах роботи та ціні 50 грн/год [30, С.29]:

$$S_e = t_{eom} * 1,08 * 50 = 120 * 1,08 * 50 = 6480,00 \text{ грн}$$

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						56
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Основна заробітна плата (S_{zo}): при середньомісячному окладі 30,000 грн [31, С.14]:

$$S_{zo} = \frac{30000 * 0,1 * (161,9/8)}{22} = 2759,66 \text{ грн}$$

4. Додаткова зарплата: $S_{zd} = 10\%S_{zo} = 275,97 \text{ грн}$

5. Соцстрахування: $S_{ss} = 22\%(S_{zo} + S_{zd}) = 667,84 \text{ грн}$

6. Накладні витрати: $S_n = 50\%S_{zo} = 1379,83 \text{ грн}$

Загальна собівартість:

$$S = 800 + 6480 + 2759,66 + 275,97 + 667,84 + 1379,83 = 12363,30 \text{ грн}$$

Нормативний прибуток (P_r) при рентабельності 25%:

$$P_r = (12363,30 - 800) * 0,25 = 2890,83 \text{ грн}$$

Кінцева ціна розробки:

$$C = 1,1 * 12363,30 + 2890,83 = 16490,46 \text{ грн}$$

Бізнес-план.

Оглядовий розділ. Метою проекту є створення високоточної 3D-BIM моделі ресторану, що відповідає нормам інклюзивності. Продукт орієнтований на девелоперів та власників бізнесу, що прагнуть реалізувати принципи безбар'єрності.

Характеристика об'єкта. Цифровий прототип у форматі IFC дозволяє проводити віртуальний аудит доступності, симулювати рух маломобільних груп та автоматично розраховувати кошториси на інклюзивні елементи (пандуси, санвузли). Використання BIM-технологій забезпечує точне моделювання енергетичних та експлуатаційних характеристик будівлі ще на стадії проектування [5]. Крім того, можливо впроваджувати сім принципів універсального дизайну, роблячи простір зручним для всіх без винятку користувачів [12].

Аналіз ринку. Попит на інклюзивне проектування в Україні стрімко зростає через обов'язкові вимоги ДБН В.2.2-40:2018 та активні процеси відбудови інфраструктури [3]. Реалізація національної стратегії «Безбар'єрна Україна»

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						57
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

створює сприятливі умови для впровадження інноваційних рішень у громадських будівлях, зокрема в закладах ресторанного господарства [8]. Основними споживачами послуг є архітектурні бюро, державні установи та приватні інвестори.

Маркетинговий план. Стратегія просування передбачає створення портфолію на спеціалізованих архітектурних платформах та інтеграцію проєкту в державні програми модернізації. Цифрові інструменти дозволяють не лише візуалізувати ідею, а й забезпечити прозорість контролю на кожному етапі реалізації проєкту, що дозволяє контролювати етапи реалізації через BIM-модель при участі у тендерах [6].

Фінансова ефективність. Використання 3D-моделі значно зменшити перевитрати бюджету під час будівництва завдяки виявленню до 90% колізій та проєктних помилок ще до початку робіт [6]. Використання BIM-моделі автоматизує підрахунок матеріалів, що знижує ризик помилок у кошторисі. Враховуючи високу затребуваність інклюзивних рішень у сучасній архітектурній практиці, очікуваний термін окупності проєкту при комерційному використанні становить менше одного року.

Висновки до техніко-економічної частини. За результатами виконаного техніко-економічного аналізу встановлено, що створення тривимірної інформаційної моделі (BIM) закладу ресторанного господарства з урахуванням принципів інклюзивності є обґрунтованим як з фінансової, так і з практичної точки зору в умовах сучасної цифровізації будівельної галузі України. Застосування відкритого програмного середовища Blender разом із інструментами параметричного моделювання Bonsai BIM дало змогу сформувати повноцінну цифрову модель у форматі IFC, що дає узгодженість даних, точність розрахунків і суттєве зменшення витрат на програмне забезпечення.

Обрана модель реалізації проєкту дає досягти раціонального співвідношення між витратами на розробку та якістю кінцевого результату. Це, у свою чергу, створює можливість інтегрувати принципи універсального дизайну ще на стадії проєктування. Це дозволяє уникати дорогих змін під час експлуатації

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						58
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

об'єкта. Проведені розрахунки свідчать, що використання багатовимірного моделювання (4D і 5D) допомагає значному скороченню перевитрат бюджету, а також виявити помилки до початку будівельних робіт. Такий підхід мінімізує ризики додаткових витрат, пов'язаних із виправленням недоліків традиційного проєктування.

Отримані показники вартості розробки підтверджують конкурентоспроможність запропонованого рішення на ринку архітектурних та інформаційних послуг. Крім того, створена цифрова модель може використовуватися як основа для подальшого розвитку у форматі «цифрового двійника», що відкриває можливості для ефективного управління будівлею, контролю експлуатаційних витрат і планування технічного обслуговування. Таким чином, проєкт має не лише економічну доцільність, але й значний прикладний потенціал у формуванні доступного та безбар'єрного середовища відповідно до вимог ДБН В.2.2-40:2018.

Таблиця 5.5 – Похідні дані для економічних розрахунків проєкту

Найменування показників	Одиниці виміру	Значення
Чисельність розроблювачів проєкту	чол.	1
Планова трудомісткість розробки	люд/год	202
Тривалість розробки	роб. дні	28
Експлуатаційні показники:		
Середньомісячний оклад розробника	грн.	30 000
Встановлена потужність обладнання (ЕОМ)	кВт	0,5

Продовження таблиці 5.5

Час використання ЕОМ для розробки	год.	120
Чисельність обслуговуючого персоналу (після впровадження)	чол.	1 (адмін ВІМ)
Ціна 1 кВт-години електроенергії	грн.	5,20

Таблиця 5.6 – Техніко-економічні показники проєкту

№ пп	Найменування показника	Одиниця виміру	Значення показника
1	Трудовітність розробки проєкту	люд-днів	20,2
2	Ціна розробки моделі (ПП)	грн.	16 490,46
3	Капітальні витрати на впровадження	грн.	16 490,46
4	Очікувана річна економія від використання	грн/рік	200 000
5	Економічний ефект від реалізації (Ео)	грн/рік	183 510
6	Строк окупності	рік	0,08 року (~1 місяць)
7	Коефіцієнт економічної ефективності (Е)	-	12,1

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

Аналіз умов праці та фактори організації робочого місця. Розробка тривимірної моделі закладу ресторанного господарства здійснюється за допомогою персонального комп'ютера, тому умови праці визначаються вимогами до організації робочого місця користувача електронно-обчислювальної техніки. Приміщення, у якому виконується робота, повинно відповідати державним санітарним правилам і нормам роботи з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ) електронно-обчислювальних машин [33].

Основними виробничими факторами, що впливають на працівника під час виконання роботи, є освітлення, шум, мікроклімат, електромагнітне випромінювання, електробезпека та психофізіологічне навантаження. При систематичному впливі несприятливих умов можуть виникати професійні захворювання органів зору, опорно-рухового апарату та нервової системи [32].

Виробничі фактори поділяються на небезпечні та шкідливі. До небезпечних належить електричний струм напругою 220 В, який може спричинити ураження працівника. До шкідливих факторів відносяться підвищене зорове навантаження, шум, електромагнітне випромінювання та нервово-емоційне напруження при тривалій роботі за комп'ютером [32].

Характеристика приміщення та вимоги до робочого місця. Робоче місце розташоване в комп'ютерному класі на першому поверсі триповерхової будівлі. Згідно з нормативними вимогами, розміщення робочих місць з ПК у підвальних або цокольних приміщеннях не допускається [33].

Приміщення має розміри 12 * 15 * 3,2 м, що становить площу 180 м² та об'єм 576 м³. За нормами на одне робоче місце повинно припадати не менше 6 м² площі та 20 м³ об'єму [33]. Таким чином, максимальна кількість робочих місць у даному приміщенні не перевищує 28.

Робочий стіл повинен бути розташований таким чином, щоб природне світло падало збоку, переважно зліва. Відстань від очей користувача до монітора має становити 60–70 см, а між бічними поверхнями сусідніх моніторів – не менше

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						61
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

1,2 м. Це зменшує вплив електромагнітного поля та покращує ергономічність робочого простору [33].

Виробнича санітарія та гігієна праці. Освітлення робочого місця є одним із головних факторів безпечної праці. Для робіт, пов'язаних із використанням комп'ютерної графіки та тривалим аналізом інформації на екрані, нормована освітленість повинна становити 300–500 лк. У даному приміщенні освітленість складає 425 лк, що відповідає встановленим нормам [34]. Для запобігання відблискам на екрані застосовується розсіяне природне освітлення, а у разі необхідності використовуються жалюзі.

Мікрокліматичні умови повинні відповідати категорії легких робіт (Ia) [32]. У холодний період температура повітря повинна становити 22–24 °С, у теплий – 23–25 °С, відносна вологість повітря 40–60 %, швидкість руху повітря не більше 0,1–0,2 м/с [32]. Для забезпечення цих умов у приміщенні передбачено систему вентиляції та кондиціонування.

Таблиця 6.1 – Оптимальні параметри мікроклімату

Період року	Температура	Вологість	Швидкість повітря
Холодний	22–24 °С	40–60 %	до 0,1 м/с
Теплий	23–25 °С	40–60 %	0,1–0,2 м/с

Оскільки при роботі з програмами тривимірного моделювання комп'ютер функціонує під підвищеним навантаженням, відбувається додаткове тепловиділення системного блоку, що може впливати на температуру повітря в приміщенні. Тому необхідно забезпечувати регулярне провітрювання та контроль вологості.

При роботі з персональним комп'ютером користувач також піддається впливу електромагнітного випромінювання, яке створюється монітором,

системним блоком та периферійним обладнанням. Хоча сучасна техніка має низький рівень випромінювання, при тривалій роботі необхідно дотримуватись нормативних вимог щодо його допустимих значень [33]. Для зменшення впливу рекомендується розташовувати монітор на відстані 60–70 см від очей користувача, підтримувати вологість повітря в межах норми та забезпечувати достатню відстань між сусідніми робочими місцями.

Таблиця 6.2 – Допустимі параметри електромагнітного випромінювання

Параметр	Допустиме значення
Напруженість електричного поля	10 В/м
Напруженість магнітного поля	0,3 А/м
Електростатичне поле	20 кВ/м

Допустимий рівень шуму для приміщення з ПК становить 65 дБА [32]. Основними джерелами шуму є системні блоки, вентилятори охолодження та периферійне обладнання. Перевищення нормативного рівня шуму негативно впливає на концентрацію уваги та знижує продуктивність праці.

Електробезпека та пожежна безпека. Приміщення належить до категорії з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом, оскільки працівник може одночасно контактувати з корпусом обладнання та заземленими конструкціями [36]. Електроживлення здійснюється через окрему трипровідну мережу: фазний провідник, нульовий робочий та нульовий захисний. Використання нульового робочого провідника як захисного не допускається [37].

Забороняється експлуатація обладнання з пошкодженою ізоляцією, несправними кабелями або відсутнім заземленням. Перед початком роботи

необхідно перевіряти стан електромережі, відсутність відкритих струмопровідних частин та справність обладнання[36].

За пожежною небезпекою приміщення відноситься до категорії В [35]. Будівля має I ступінь вогнестійкості. Для первинного пожежогасіння використовуються вуглекислотні вогнегасники з розрахунку 4 одиниці на 180 м² [38].

Напруженість та важкість праці. Робота розробника 3D-моделі належить до інтелектуальної праці з високим рівнем зорового навантаження [32]. Спостереження за монітором протягом понад 4 годин на зміну відповідає класу 3.1 – шкідливий (напружена праця). Це обумовлено необхідністю постійного аналізу креслень, редагування геометрії об'єктів та контролю відповідності моделі вимогам нормативної документації.

За показниками важкості праці робоче місце належить до класу 2 – допустимий. Працівник перебуває переважно у сидячому положенні, а фізичне навантаження є незначним. Основними ризиками є статичне навантаження на хребет, кисті рук та м'язи ший.

Техніка безпеки та дії в аварійних ситуаціях. Перед початком роботи необхідно перевірити справність обладнання, відсутність пошкоджень кабелів, заземлення системного блоку та монітора [36]. Забороняється розміщення ємностей з рідиною біля комп'ютерної техніки, а також перекриття вентиляційних отворів системного блоку.

Під час роботи необхідно дотримуватися режиму праці та відпочинку: після кожної години роботи за комп'ютером рекомендується робити перерву тривалістю 10–15 хвилин для зменшення зорового навантаження та профілактики перевтоми [32].

У разі аварійної ситуації (поява диму, запаху гару, короткого замикання) необхідно негайно припинити роботу, вимкнути обладнання від мережі, повідомити відповідальну особу та при потребі скористатися вуглекислотним вогнегасником [38].

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						64
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Було проаналізовано особливості проектування закладів і приміщень з урахуванням принципів інклюзії та безбар'єрності, а також визначено вимоги до організації доступного середовища для відвідувачів з різними фізичними та сенсорними потребами. Додатково розглянуто програмні засоби, що використовуються для створення тривимірних моделей архітектурних об'єктів, та обґрунтовано вибір середовища Blender і доповнення Bonsai BIM для реалізації проєкту.

У результаті виконання роботи створено тривимірну модель закладу ресторанного господарства, яка відображає зовнішню будівлю, внутрішнє планування приміщень, елементи інтер'єру та складові безбар'єрного середовища. Під час розробки моделі враховано вимоги щодо ширини проходів, розміщення дверних прорізів, організації санітарних приміщень, облаштування пандусів і зон пересування для маломобільних груп населення.

Створена модель дала змогу оцінити планувальні рішення до початку реалізації проєкту, перевірити доступність окремих зон будівлі та відповідність об'єкта чинним нормативним вимогам. Використання BIM-підходу забезпечило збереження не лише геометричних характеристик об'єкта, а й інформації про його елементи, що спрощує подальше редагування та розвиток проєкту.

Отриманий результат може використовуватися як основа для подальшого проектування, візуалізації архітектурних рішень або адаптації існуючих закладів ресторанного господарства відповідно до принципів інклюзивності та безбар'єрності.

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						65
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Стан, досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій / Матеріали XXVI Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів. Одеса, 16-17 квітня 2026 р. - Одеса, Видавництво ОНТУ, 2026 р. – 307 с.
2. ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. 2025. 64 с.
3. ПРО ІНКЛЮЗИВНІСТЬ У ТЕОРІЇ І ПРАКТИЦІ ПРОЕКТУВАННЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД // Наук. пр. / Київський нац. унів. будівництва і архітектури. Київ, 2020.№ 57. С. 378.
4. ISO 21542:2021. Building construction — Accessibility and usability of the built environment. 168 с.
5. EN 17210:2021. Accessibility and usability of the built environment - Functional requirements. 2021. 298 с.
6. Інформаційні технології в архітектурі як інструмент підвищення енергоефективності та ресурсозбереження // Наук. пр. / Київський нац. унів. будівництва і архітектури. Київ, 2025.№ 1. С. 53-54.
7. CONSTRUCTIVE GEOGRAPHY AND RATIONAL USE OF NATURAL RESOURCES // Наук. пр. / Київський національний університет . Київ, 2025.№ 6.1. С. 112-121.
8. «БЕЗБАР'ЄРНА УКРАЇНА»: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ // Наук. пр / ННІ Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту. Дніпро, 2023.№ 4. С. 82-93.
9. World report on disability 2011 / World Health Organization, The World Bank. – Geneva: WHO, 2011. – 325 с.
10. Недоступний Ладизин: міські візочники мріють про пандуси біля будівель // Ладизин Новини: [Веб-сайт]. 2021. URL: <https://ladyzhyn.news/1422-nedostupnyj-ladyzhyn-miski-vizochnyky-mriyut-pro-pandusy-bilya-budivel.html> (дата звернення: 20.02.2026).

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						66
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Пандус для людей з інвалідністю та маломобільних груп: норми та вимоги // Мегаполіс Будексперт: [Веб-сайт]. 2025. URL: <https://mb.expert/pandus-dlya-invalidiv-normy-vymogy-ta-rozrahunok-uhylu-vidpovidno-do-dbn-v-2-2-402018/> (дата звернення: 20.02.2026).

12. Тактильна поліуританова плитка. Види плитки та рекомендації по укладанню тактильних смуг // РЦБУ: [Веб-сайт]. 2024. URL: <https://rcbu.org.ua/taktilna-poliuritanova-plitka-vidi-plitki-ta-rekomendaciyi-po-ukladanniu-taktilnix-smug> (дата звернення: 20.02.2026).

13. УНІВЕРСАЛЬНИЙ ДИЗАЙН: конспект лекцій / Борисенко Є. та ін.: ПРООН, 2024. 118 с.

14. The Importance of Universal Design in Commercial Spaces // Board&Vellum: [Веб-сайт]. URL: <https://www.boardandvellum.com/blog/the-importance-of-universal-design-in-commercial-spaces/> (дата звернення: 20.02.2026).

15. Universal Design - Homes for All Life Stages // Srote&co: [Веб-сайт]. URL: <https://www.sroteco.com/blogdetail.php?Universal-Design---Homes-for-All-Life-Stages-43> (дата звернення: 20.02.2026).

16. Autodesk: [Веб-сайт]. 2026. URL: <https://www.autodesk.com/products/autocad/overview> (дата звернення: 20.03.2026).

17. Universal Design Living Laboratory // All access. 2009. URL: <https://www.udll.com/a/articles/all-access.pdf> (дата звернення: 20.02.2026).

18. SketchUp.trimble: [Веб-сайт]. 2026. URL: <https://sketchup.trimble.com/en> (дата звернення: 21.03.2026).

19. Ed Roberts Campus / LMS Architects // Archdaily: [Веб-сайт]. URL: <https://www.archdaily.com/122507/ed-roberts-campus-leddy-maytum-stacy-architects> (дата звернення: 21.02.2026).

20. How to Use GNU Licenses for Your Own Software // GNU Operating System: [Веб-сайт]. URL: <https://www.gnu.org/licenses/gpl-howto.en.html> (дата звернення: 21.02.2026).

21. Free Software Never Looked This Awesome // Blender: [Веб-сайт]. URL: <https://www.blender.org/features/> (дата звернення: 21.02.2026).

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						67
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

22. Blender 5.0 manual // Blender 5.0 Reference Manual. URL: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/index.html> (дата звернення: 21.02.2026).

23. Blender 5.0 manual // Modeling. URL: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/index.html> (дата звернення: 21.02.2026).

24. Blender 5.0 manual // Grease Pencil Modifiers. URL: https://docs.blender.org/manual/en/latest/grease_pencil/modifiers/index.html (дата звернення: 21.02.2026).

25. Blender 5.0 manual // Scenes & Objects. URL: https://docs.blender.org/manual/en/latest/scene_layout/index.html (дата звернення: 22.02.2026).

26. Blender 5.0 manual // Rendering. URL: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/render/index.html> (дата звернення: 22.02.2026).

27. Blender 5.0 manual // Shader Nodes. URL: https://docs.blender.org/manual/en/latest/render/shader_nodes/index.html#node-types (дата звернення: 22.02.2026).

28. Blender extensions: [Веб-сайт]. URL: <https://extensions.blender.org/add-ons/> (дата звернення: 22.02.2026).

29. BonsaiBIM: [Веб-сайт]. URL: <https://bonsaibim.org> (дата звернення: 22.02.2026).

30. Blender 4.1 manual // Material Library. URL: https://docs.blender.org/manual/en/4.1/addons/materials/material_library.html (дата звернення: 22.02.2026).

31. Вігуржинська С. В., Колесник В. І. ДИПЛОМНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПРОЕКТУ. Одеса, 2016. 23 с.

32. Катренко Л. А., Катренко А. В. Охорона праці в галузі комп'ютингу: підручник. Львів: Магнолія – 2006, 2012. 544 с.

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						68
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

33. ДСанПіН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. – Чинний з 10.12.1998. – К.: Держспоживстандарт України, 1998. 25 с.

34. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Київ, 2018. 137 с.

35. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків, установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. – К.: МІНРЕГІОНБУД України, 2016. 66 с.

36. НПАОП 40.00-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. Київ, 2001. 78 с.

37. Правила улаштування електроустановок. К.: Міненерговугілля України, 2017. 617 с.

38. ДБН В.1.1.7-2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. Київ, 2017. 47 с.

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						69
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А Презентація

Одеський національний технологічний університет
Навчально-науковий інститут комп'ютерної інженерії, автоматизації, робототехніки та програмування ім.
П.М. Платонова
Кафедра комп'ютерних та фізико-математичних наук

Візуалізація моделювання закладу ресторанного господарства для інклюзивних гостей. Моделювання та візуалізація будівлі та приміщень

Здобувач: Гайдайчук А. Ю.
4 курсу 342а групи
Керівники: доц. Ломовцев П. Б.
ст. викл. Болтач С. В.

Одеса - 2026

Рисунок А.1

Актуальність

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, значна частина країн світу досі не має повноцінних стандартів доступності для об'єктів громадської інфраструктури. Зокрема, стандарти доступності відсутні у 54% країн для вулиць і зовнішнього середовища, у 44% - для шкіл та медичних установ, а у 43% - для громадських будівель. В умовах зростання кількості маломобільних груп населення в Україні особливої важливості набуває забезпечення безбар'єрного доступу до закладів ресторанного господарства. Використання технологій тривимірного моделювання та BIM-підходу дозволяє оцінювати відповідність проєктних рішень вимогам доступності ще на етапі проєктування та зменшувати ризик виникнення дороговартісних помилок під час реалізації об'єкта.

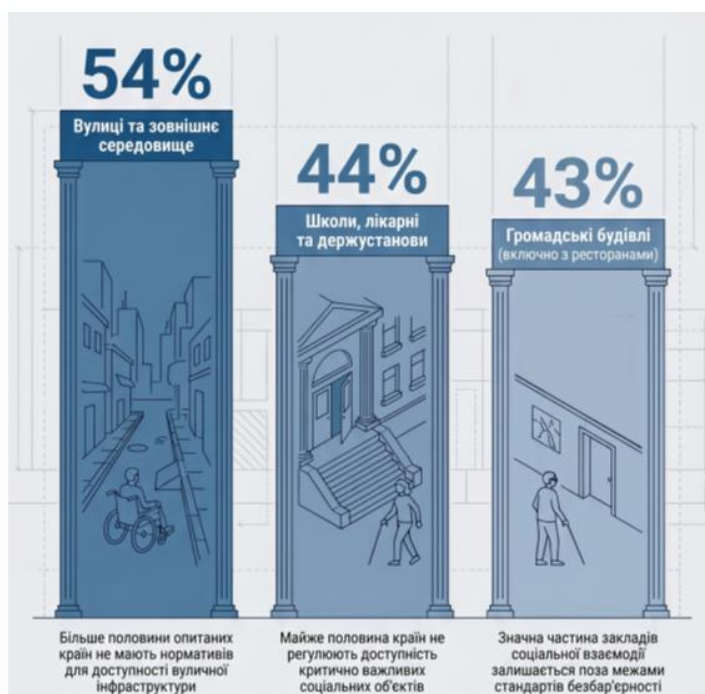


Рисунок А.2

Основні проблеми предметної галузі

У процесі проектування громадських будівель часто виникають бар'єри, що обмежують доступність для маломобільних груп населення. Найбільш поширеними проблемами є сходи без пандусів, недостатня ширина проходів і дверних прорізів, відсутність доступних санітарних приміщень, а також недоліки навігації для людей із порушеннями зору та слуху. Врахування цих факторів на етапі проектування дозволяє забезпечити безпечне та комфортне користування об'єктом для всіх відвідувачів.

	ФІЗИЧНЕ	ІНФОРМАЦІЙНЕ	СЕНСОРНЕ
КРИТИЧНИЙ	Відсутність пандусів; вузькі двері (<0.9 м).	Повна відсутність навігації та мнемосхем.	Відсутність звукових та світлових сигналів тривоги.
СЕРЕДНІЙ	Круті пандуси (>8%); вузькі проходи (<1.5 м).	Відсутність дублювання (Брайль/аудіо); немарковане скло.	Слабкий візуальний контраст сходів; засліплюючі відблиски.
ЛОКАЛЬНИЙ	Неправильне розміщення меблів та вимикачів.	Дрібний шрифт; низький контраст табличок.	Нерівномірне освітлення; різка зміна яскравості між зонами.

Рисунок А.3



Рисунок А.4

Аналіз аналогічних систем

Було проаналізовано три архітектурні об'єкти, що реалізують принципи універсального дизайну та інклюзивності: Universal Design Living Laboratory, Ed Roberts Campus та індивідуальний житловий будинок(9147 Clayton). Результати аналізу підтверджують, що ефективні інклюзивні рішення базуються на поєднанні архітектурних, технологічних та інформаційних факторів.

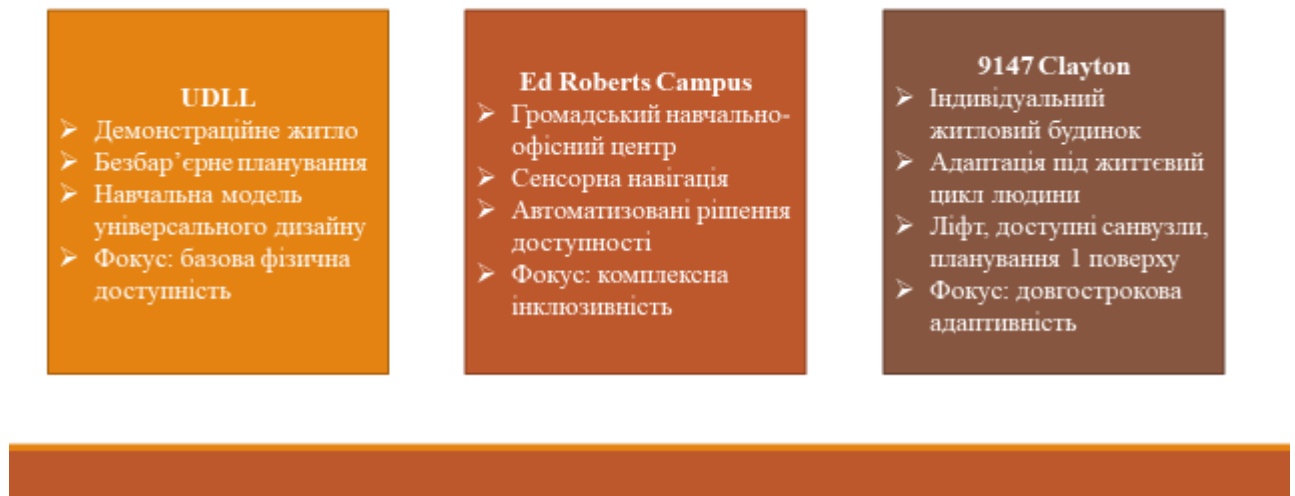


Рисунок А.5

Мета

Метою роботи є створення тривимірної BIM-моделі закладу ресторанного господарства для інклюзивних гостей з урахуванням вимог доступності та принципів універсального дизайну.

Досягнення мети базується на таких основних критеріях:

- виконати аналіз планувальних рішень закладу та вимог до інклюзивного середовища;
- дотримання нормативних параметрів для маломобільних груп населення;
- створити базову тривимірну модель будівлі на основі архітектурного плану;
- реалізувати основні архітектурні елементи та функціональні зони закладу;
- змодельовати елементи безбар'єрного середовища, зокрема пандус, тактильні смуги та адаптований санітарний вузол;
- сформувати BIM-структуру об'єкта з використанням Bonsai BIM та IFC-стандарту;
- перевірити модель на відповідність вимогам доступності та можливість безперешкодного пересування відвідувачів.

Рисунок А.6

Середовище розробки

Для створення тривимірної моделі закладу ресторанного господарства використано програмне середовище Blender, яке забезпечує повний цикл 3D-розробки: від моделювання до візуалізації сцени. Blender дозволяє працювати з полігональним моделюванням, створювати архітектурні об'єкти, налаштовувати матеріали, освітлення. Для реалізації інформаційної та параметричної складової проєкту, були обрані адони Bonsai BIM та Material Library VX.

Bonsai BIM застосовується для формування BIM-структури будівлі та роботи з IFC-даними. Він дозволяє перетворити тривимірну модель у інформаційно насичений об'єкт, що містить параметри елементів будівлі та їх взаємозв'язки.



Blender



Bonsai BIM

Рисунок А.7

Проектування системи

У межах проектування системи проведено аналіз сучасних інструментів 3D-моделювання з урахуванням вимог до точності геометрії, роботи зі складними сценами та підтримки BIM-технологій. Аналіз представлений у вигляді двох UML-діаграм.

Практична частина відображає процес створення BIM-моделі ресторану, включаючи побудову геометрії, формування інклюзивних елементів та інтеграцію інформаційної структури. Практичне застосування також представлено у вигляді двох UML-діаграм.

Рисунок А.8

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						73
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Діаграма варіантів використання

Діаграма варіантів використання відображає взаємодію розробника з системою 3D-моделювання, включаючи створення геометрії, формування BIM-структури та застосування матеріалів.



Рисунок А.9

Діаграма компонентів системи

Діаграма компонентів описує архітектуру програмного середовища, де Blender виступає основною платформою, а Bonsai BIM та Material Library VX розширюють його функціональність.

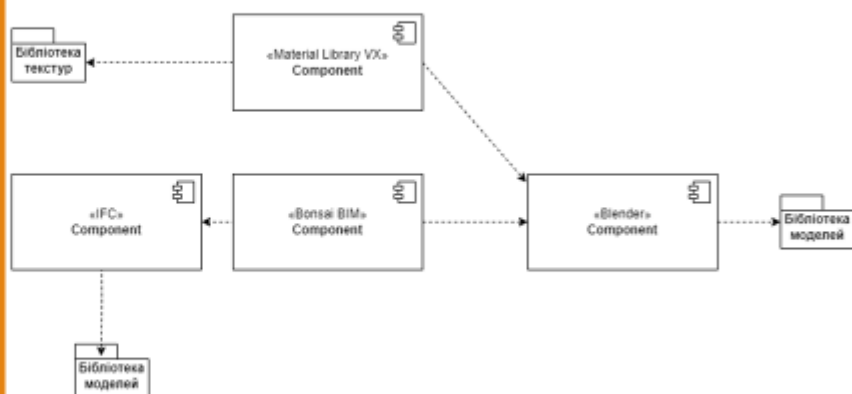


Рисунок А.10

Діаграма активності

Діаграма активності відображає поетапний процес створення BIM-моделі ресторану. Робота починається з аналізу вимог до інклюзивного середовища та підготовки вихідного архітектурного плану.



Рисунок А.11

Діаграма послідовності

Діаграма послідовності описує взаємодію між розробником, Blender, Bonsai BIM та IFC-моделлю під час створення цифрового представлення будівлі. Процес починається з побудови геометрії у Blender. Далі об'єкти передаються до Bonsai BIM, де формується BIM-структура та створюються IFC-записи. Після цього інформація повертається до Blender у вигляді пов'язаних об'єктів, що дозволяє продовжити моделювання з урахуванням інформаційних параметрів. Аналогічний процес повторюється для всіх елементів будівлі, включаючи інклюзивні компоненти.

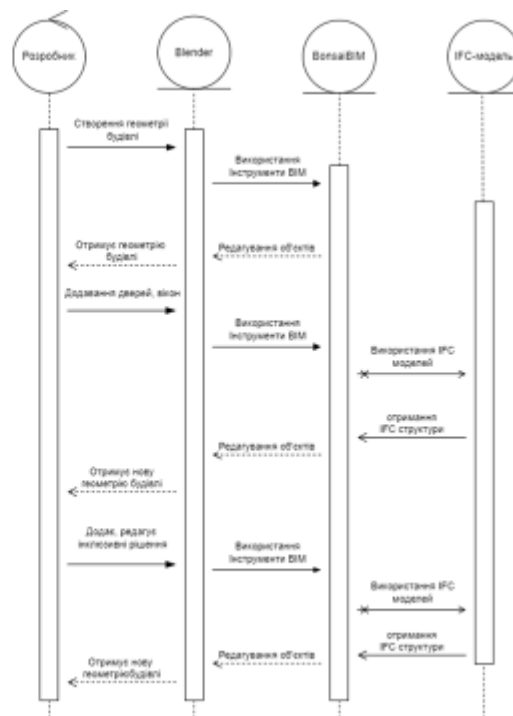
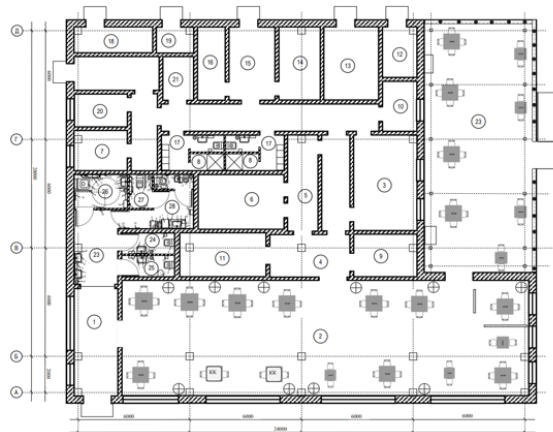


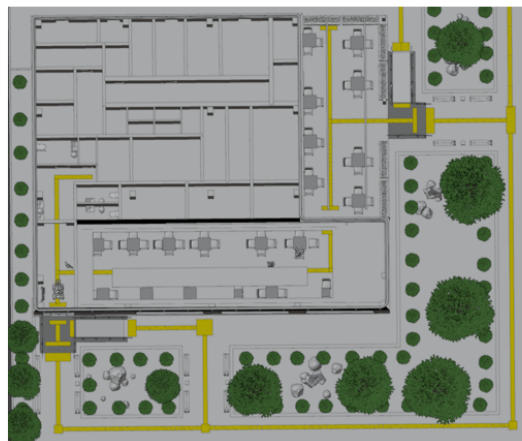
Рисунок А.12

Основне формування моделі

На першому етапі виконано аналіз архітектурного плану та визначено ключові параметри будівлі відповідно до вимог інклюзивності. Далі у середовищі Blender створено базову геометрію будівлі з використанням Bonsai BIM для формування інформаційної структури. Після цього виконано наповнення моделі архітектурними та інклюзивними елементами, включаючи двері, вікна та функціональні зони з прив'язкою до IFC-класів. Усі елементи створювалися з урахуванням нормативних вимог щодо доступності та простору для маневрування.



Вхідний план будівлі



Вихідний результат

Рисунок А.13

Результати

У результаті реалізації проєкту створено цілісну BIM-модель закладу ресторанного господарства, яка поєднує геометричне моделювання, інформаційну структуру та інклюзивні рішення. Модель забезпечує можливість аналізу доступності простору та подальшої оптимізації архітектурних рішень.



Загальний ракурс



Прохід до літнього майданчику



Вестибюль

Рисунок А.14

Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.КФМН.1.77-03.2.2

Арк.

76

Техніко-економічна частина

№ пп	Найменування показника	Одиниця виміру	Значення показника
1	Трудомісткість розробки проекту	люд-днів	20,2
2	Ціна розробки моделі (ПП)	грн.	16 490,46
3	Капітальні витрати на впровадження	грн.	16 490,46
4	Очікувана річна економія від використання	грн/рік	200 000
5	Економічний ефект від реалізації (Ео)	грн/рік	183 510
6	Строк окупності	рік	0,08 року (~1 місяць)
7	Коефіцієнт економічної ефективності (Е)	-	12,1

Також був описан розділ з охорони праці.

Рисунок А.15

ДОДАТОК Б Графічна частина

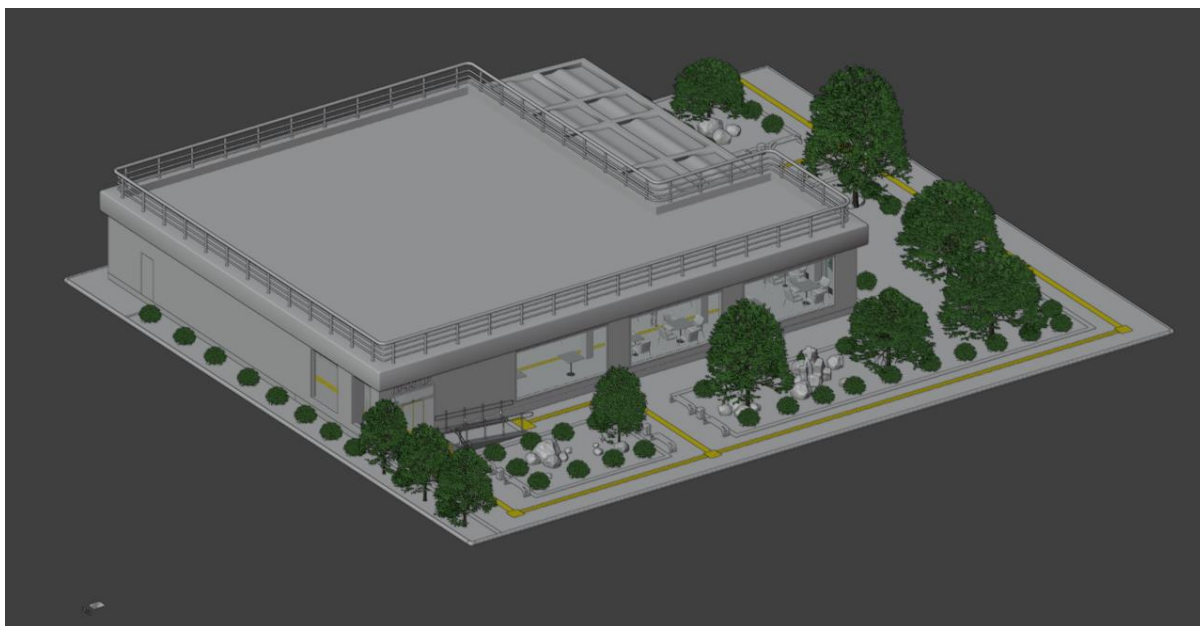


Рисунок Б.1 – Загальний ракурс будівлі

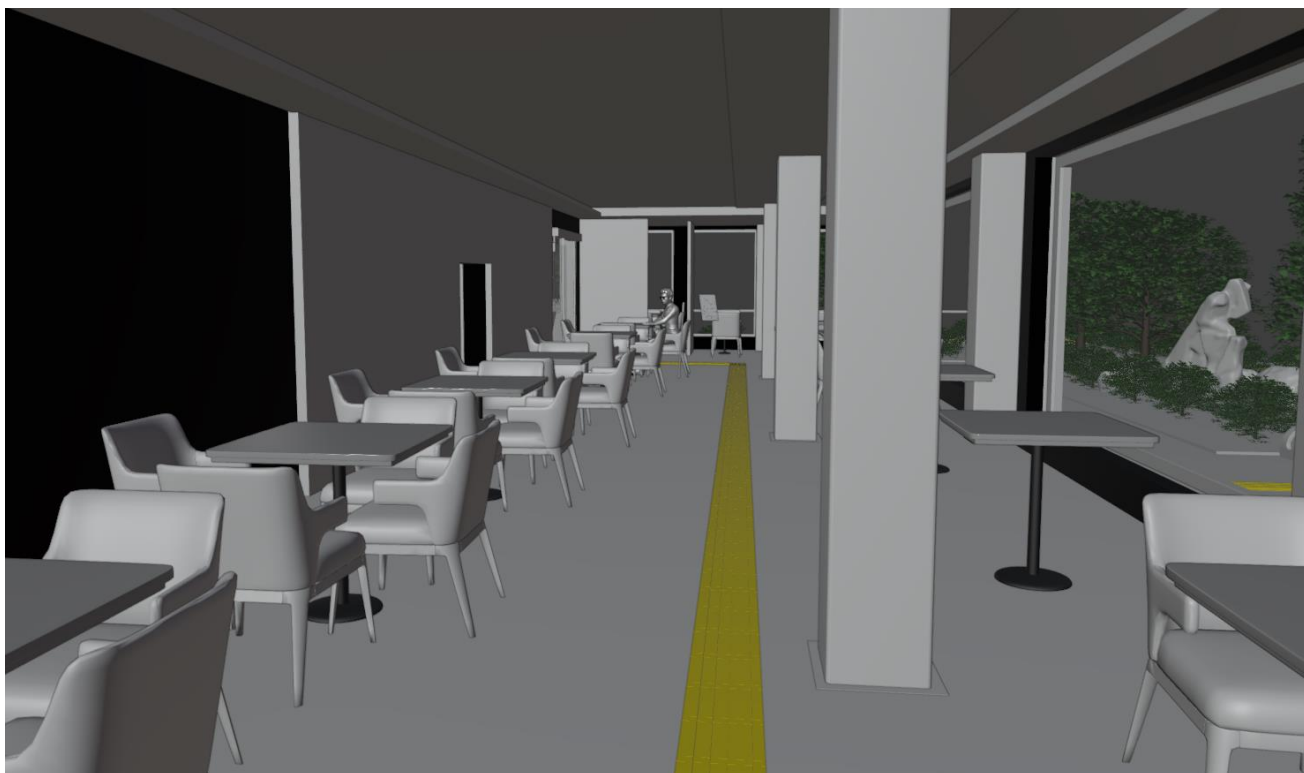


Рисунок Б.2 – Вигляд залу

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
						78
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок Б.3 – Прохід до літнього майданчику з зали



Рисунок Б.4 – Вхідна зона з пандусом

					КРБ.КФМН.1.77-03.2.2	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		79



Рисунок Б.5 – Літній майданчик

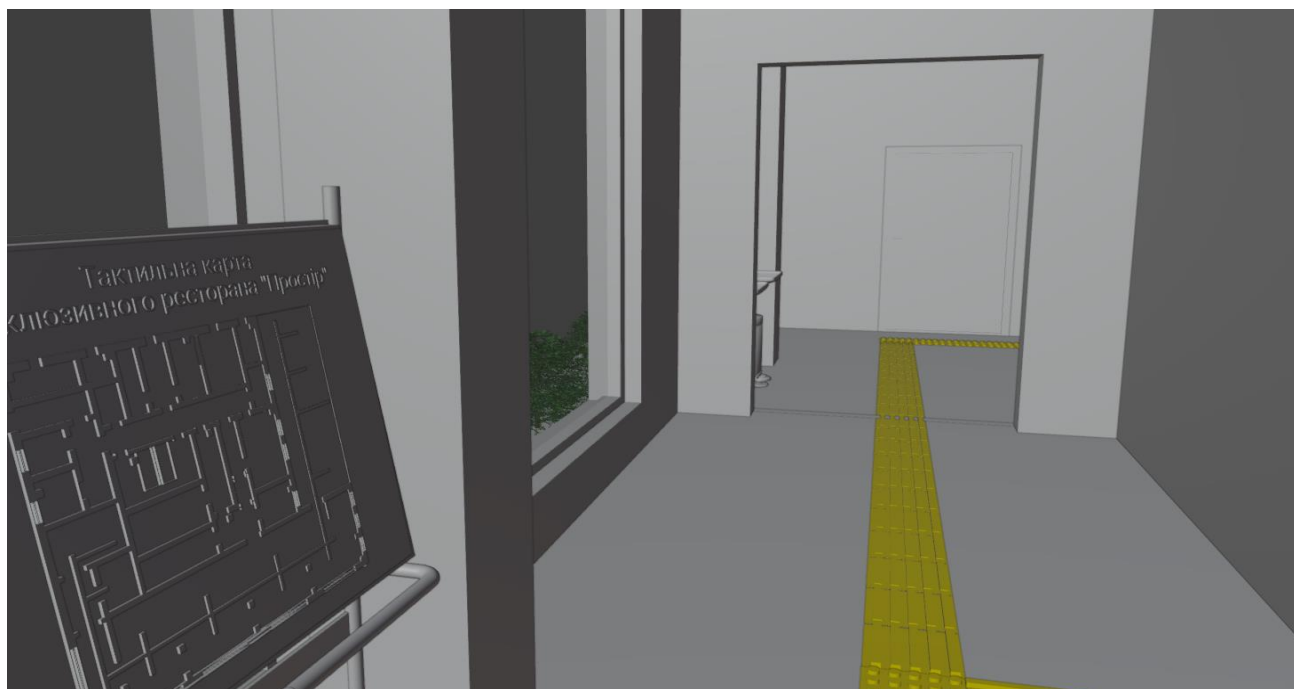


Рисунок Б.6 – Вестибюль

ДОДАТОК Г Тези

УДК 004.94:69

РОЛЬ 3D-ТЕХНОЛОГІЙ В РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТІВ БУДІВЕЛЬ

ГАЙДАЙЧУК А.Ю., БОЛТАЧ С.В.

(2004ndrew2004@gmail.com, boltach.svetlana@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

В тезах розглядається впровадження тривимірного моделювання та технологій інформаційного моделювання будівель (BIM) в архітектурну практику за життєвим циклом об'єкту. Приведено етапи від ідеї до цифрового прототипу. Висвітлюється роль 3D-візуалізації у маркетинговій комунікації та управлінні. Проаналізовано переваги цифрових інструментів для підвищення точності проєктних рішень та економічної ефективності будівництва. Визначено перспективи інтеграції штучного інтелекту в галузі.

Розвиток архітектурно-будівельної галузі вже протягом певного часу характеризується своєю цифровізацією. Сучасні системи автоматизованого проєктування (CAD) та інформаційне моделювання будівель (BIM) стають базовими інструментами створення об'єктів. Двовимірне проєктування здебільшого не дозволяє наочно виявити просторові конфлікти між архітектурними елементами та інженерними мережами. Ця проблема призводить до значних фінансових втрат на стадії будівництва. У зв'язку з цим виникає необхідність формування чіткої послідовності використання 3D-технологій протягом усього життєвого циклу об'єкта [1][2].

В дослідженні вирішуються наступні задачі:

- систематизовано етапи життєвого циклу проєкту в середовищі BIM [3];
- проаналізовано роль 3D-візуалізації та технологій VR/AR у маркетинговій комунікації;
- досліджено вплив 3D-моделювання на точність кошторисів і координацію інженерних систем [4].

Реалізація проєкту починається з формування концепції. На цьому етапі параметричне 3D-моделювання дозволяє архітекторам швидко перевіряти різні варіанти дизайну з урахуванням енергоефективності, вартості та естетичних характеристик ще до початку детального проєктування [2, С.20-25].

Далі модель доповнюється даними і таким чином стає єдиною інформаційною моделлю об'єкта. Кожному елементу задаються фізичні та функціональні характеристики відповідно до формату Industry Foundation Classes (IFC) [2, С.100-101]. Використання багатовимірних моделей (4D – час, 5D – вартість) дозволяє автоматично формувати відомості матеріалів і точно планувати виконання робіт, що зменшує перевитрати бюджету на 29–33% [5].

Після цього цифрова модель використовується як інструмент презентації та перемовин. Завдяки технологіям віртуальної (VR) та доповненої (AR) реальності замовник отримує наочне уявлення про майбутній об'єкт, що підвищує рівень довіри та спрощує погодження

рішень. На етапі будівництва 3D-технології забезпечують автоматичне виявлення колізій (clash detection), що дозволяє уникнути 10–20% витрат на виправлення помилок [6].

Після завершення будівництва модель трансформується у «цифровий двійник» (Digital Twin). Завдяки сенсорам Internet of Things (IoT) отримуються дані про стан будівлі в реальному часі. Це дозволяє виконувати прогнозне обслуговування, зменшувати енергоспоживання та ефективно керувати об'єктом протягом усього життєвого циклу. Таким чином, 3D-моделювання забезпечує перехід від окремих етапів проєктування до єдиного цифрового середовища. У перспективі важливу роль відіграватиме штучний інтелект (AI). Серед можливостей його використання можна зазначити:

- збір інформації, робота з великим обсягом даних;
- аналіз місцевості (рельєф, клімат);
- варіації будівлі з урахуванням параметрів, вже реалізовано за допомогою Autodesk Generative Design;
- допомога з розрахунками;
- автоматизація з проєктною документацією;
- оптимізація робіт по проєктуванню та моделюванню.
- автоматизація аналізу моделі та перевірка їх на відповідність будівельним нормам [6].

Використанням 3D-технологій в проєктах забезпечує перехід від лінійного проєктування до циклічного інформаційного менеджменту. Кожна фаза генерує корисні дані для наступних етапів. Впровадження BIM-технологій дозволяє не лише створювати візуально складні архітектурні форми, а й гарантує їхню економічну життєздатність та сталість. Попри високі початкові витрати на програмне забезпечення та навчання персоналу, окупність інвестицій досягається завдяки зниженню ризиків та підвищенню якості експлуатації активу. Як висновок, можна зазначити, що використання 3D-технологій ефективно і є основою інтегрованого управління будівельними проєктами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] О. Бондаренко та А. Пекер, «Інформаційні технології в архітектурі як інструмент підвищення енергоефективності та ресурсозбереження», у Матер. Міжнар. наук.-практ. конф. "Build Master Class 2025", Київ: КНУБА, 2025, с. 53–54.
- [2] R. Sacks, C. Eastman, G. Lee, and P. Teicholz, BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers, 3rd ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2018.
- [3] «BIM в Україні: цифрова трансформація галузі», Українська Асоціація Девелоперів, 2026. [Онлайн]. Доступно: <https://www.ua-developers.com.ua/en/posts/bim-v-ukrayini-cifrova-transformaciya-galuzi>.
- [4] «BIM Trends 2026: Evolving Design, Construction, and Skills», BibLus - ACCA software, 2026. [Онлайн]. Доступно: <https://biblus.accasoftware.com/en/bim-trends-2026-evolving-design-construction-and-skills/>.
- [5] «Top BIM Trends in 2026 Every Construction Company Should Know», Optimar, 2026. [Онлайн]. Доступно: <https://optimarprecon.com/top-bim-trends/>.
- [6] «20 Best BIM Software in 2026: Complete Guide & Comparison», ConstructionPlacements, 2026. [Онлайн]. Доступно: <https://www.constructionplacements.com/bim-software/>.