





- огляд основних функціональних можливостей Grasshopper;
- створення параметричної комп'ютерної моделі споруди;
- оформлення результатів роботи.

5. Перелік графічного матеріалу: презентація.

6. Завдання до спеціальної частини: «Безпечні умови праці фахівців з комп'ютерного моделювання».

7. Консультанти розділів роботи

<b>Розділ</b>	<b>Прізвище, ініціали та посада консультанта</b>	<b>Підпис</b>
Спеціальна частина з охорони праці	Алексєєва А. О., канд. техн. наук, доцент кафедри екології	
Основна (фахова) частина	канд. техн. наук, доцент Бойко А. П.	

Керівник роботи \_\_\_\_\_ канд. техн. наук, доцент Бойко А. П.  
(наук. ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Завдання прийнято до виконання \_\_\_\_\_ Гнатуша К. С.  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ «14» січня 2024 р.





## АНОТАЦІЯ

кваліфікаційної роботи студента групи 401 ЧНУ ім. Петра Могили

Гнатуши Костянтина Сергійовича

**Тема: «Комп'ютерне моделювання споруд за допомогою мови візуального програмування Grasshopper»**

У сучасному архітектурному проектуванні велике значення набуває використання мов візуального програмування для створення параметричної архітектури. Grasshopper є потужним інструментом для параметричного моделювання, що дозволяє архітекторам, дизайнерам і інженерам створювати складні моделі та автоматизувати рутинні процеси.

**Об'єктом роботи** є параметричне комп'ютерне моделювання споруд за допомогою мов візуального програмування.

**Предметом дослідження** є методи та інструменти для параметричного моделювання архітектурних споруд з використанням мови візуального програмування Grasshopper.

**Метою роботи** є дослідження можливостей та переваг використання мови візуального програмування Grasshopper для комп'ютерного моделювання архітектурних споруд, а також розробка рекомендацій щодо її ефективного застосування в архітектурному проектуванні.

Робота складається з аналізу предметної сфери, огляду мови візуального програмування Grasshopper, розробки архітектурного проекту будівлі центру освіти “Educational Hub” та формування альбому креслень і комп'ютерної візуалізації.

В результаті виконання роботи було розроблено проєкт центру освіти “Educational Hub” та його проєктну документацію.

Кваліфікаційна робота містить 74 сторінки, 75 рисунків, 21 використане джерело та 1 додаток.

**Ключові слова:** візуальне програмування, параметричне моделювання, Grasshopper, BIM.

## **ABSTRACT**

**for bachelor's qualification work of a student of group 401 of Petro Mohyla Black  
Sea National University**

**Hnatusha Kostiantyn**

**Topic: “Computer modelling of structures using the Grasshopper visual  
programming language”**

In modern architectural design, the use of visual programming languages to create parametric architecture is becoming increasingly important. Grasshopper is a powerful parametric modelling tool that allows architects, designers and engineers to create complex models and automate routine processes.

**The object** of study is parametric computer modelling of structures using visual programming languages.

**The subject** of the study is methods and tools for parametric modelling of architectural structures using the visual programming language Grasshopper,

**The purpose** of the study is to investigate the possibilities and advantages of using the Grasshopper visual programming language for computer modelling of architectural structures, as well as to develop recommendations for its effective use in architectural design.

The work consists of an analysis of the subject area, an overview of the Grasshopper visual programming language, the development of an architectural design for the Educational Hub building, and the creation of an album of drawings and computer visualisation.

As a result of the work, the project of the Educational Hub educational centre and its project documentation were developed.

The qualification work contains 74 pages, 75 figures, 21 references and 1 appendix.

**Keywords:** visual programming, parametric modelling, Grasshopper, BIM.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	2
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ СФЕРИ.....	3
1.1 Актуальність комп'ютерного моделювання споруд .....	3
1.2 Переваги візуального програмування над традиційним комп'ютерним моделюванням .....	5
1.3 Огляд мов візуального програмування та обґрунтування вибору Grasshopper як інструменту .....	6
Висновки до розділу 1 .....	8
2 ОГЛЯД GRASSHOPPER .....	10
2.1 Історія та походження.....	10
2.2 Основні функціональні можливості.....	11
2.3 Приклади споруд, спроектованих з використанням Grasshopper .....	13
Висновки до розділу 2 .....	19
3 РОЗРОБКА ПРОЄКТУ .....	20
3.1 Передпроектна підготовка.....	20
3.2 Аналіз іноземного досвіду .....	24
3.3 Аналіз вітчизняного досвіду .....	26
3.4 Функціонально-планувальна організація об'єкту проєктування.....	27
3.5 Розробка візуального аналізу інсоляції будівлі .....	28
3.6 Розробка візуального коду для створення конструктиву будівлі .....	30
3.7 Моделювання навколишнього середовища будівлі .....	33
3.8 Об'єднання у BIM-модель.....	37
3.9 Архітектурно-дизайнерське рішення інтер'єру .....	41
Висновки до розділу 3 .....	42
4 ОФОРМЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ .....	44
4.1 Формування альбому креслень.....	44
4.2 Комп'ютерна візуалізація.....	52
Висновки до розділу 4 .....	53
ВИСНОВКИ.....	55
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	56
ДОДАТОК А АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ.....	58

## ВСТУП

У сучасному світі розвиток інформаційних технологій значно вплинув на різні галузі, включаючи архітектуру та будівництво. Комп'ютерне моделювання стає невід'ємною частиною процесу проектування споруд, дозволяючи створювати точні та деталізовані моделі, що відповідають вимогам сучасної архітектури. Одним із найбільш перспективних напрямів у цьому контексті є використання мов візуального програмування, зокрема Grasshopper, який інтегрується з популярним програмним забезпеченням для архітектурного проектування Rhinoceros.

**Об'єктом дослідження** є параметричне комп'ютерне моделювання споруд за допомогою мов візуального програмування.

**Предметом дослідження** є методи та інструменти для параметричного моделювання архітектурних споруд з використанням мови візуального програмування Grasshopper,

**Метою даної роботи** є дослідження можливостей та переваг використання мови візуального програмування Grasshopper для комп'ютерного моделювання архітектурних споруд, а також розробка рекомендацій щодо її ефективного застосування в архітектурному проектуванні.

Для досягнення даної мети необхідно вирішити наступні завдання:

- оглянути найбільш розповсюджені мови візуального програмування;
- оглянути переваги та недоліки мови візуального програмування Grasshopper;
- дослідити основні функціональні можливості мови візуального програмування Grasshopper;
- за допомогою мови візуального програмування Grasshopper змоделювати споруду у програмному середовищі Rhinoceros та Revit.

## 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ СФЕРИ

### 1.1 Актуальність комп'ютерного моделювання споруд

У сучасних умовах архітектурного та будівельного проектування технології комп'ютерного моделювання стають все більш важливими та затребуваними. Вони забезпечують новий рівень точності, ефективності та інноваційності у створенні архітектурних об'єктів, що відповідають сучасним вимогам і стандартам. На це є багато причин:

- підвищення точності та якості проєктів. Комп'ютерне моделювання дозволяє створювати детальні та точні моделі будівель, що включають всі аспекти конструкції, матеріалів та інженерних систем. Це сприяє виявленню та усуненню потенційних помилок на ранніх стадіях проектування, що значно підвищує якість кінцевого продукту;

- зростання ефективності та швидкості проектування. Використання комп'ютерного моделювання значно прискорює процес проектування. Завдяки автоматизації багатьох рутинних завдань, архітектори та інженери можуть зосередитися на творчих і концептуальних аспектах проєкту, що дозволяє скоротити час на розробку проєкту та швидше перейти до його реалізації;

- оптимізація витрат. Завдяки точним моделям можна провести детальний аналіз і оптимізацію використання матеріалів та ресурсів. Це дозволяє знизити витрати на будівництво, уникнути зайвих витрат та покращити економічну ефективність проєктів;

- інтеграція сучасних технологій. Сучасне комп'ютерне моделювання інтегрує різні технології, такі як віртуальна реальність (VR), доповнена реальність (AR) та інформаційне моделювання будівель (BIM). Це дозволяє створювати інтерактивні моделі, які можуть бути використані для презентацій, навчання та управління будівельними проєктами;

- екологічність та сталий розвиток. Завдяки комп'ютерному моделюванню можливо проводити аналіз екологічних показників будівель, включаючи енергоефективність, вплив на навколишнє середовище та використання

відновлюваних ресурсів. Це сприяє створенню більш екологічно стійких і відповідальних проєктів.

– колаборація та комунікація. Сучасні системи комп'ютерного моделювання забезпечують можливість спільної роботи над проєктами в режимі реального часу. Це покращує комунікацію між архітекторами, інженерами, замовниками та іншими зацікавленими сторонами, забезпечуючи краще розуміння та узгодження всіх аспектів проєкту;

– можливість параметричного та алгоритмічного проєктування. Комп'ютерне моделювання, зокрема за допомогою мови візуального програмування Grasshopper, дозволяє використовувати параметричний підхід до проєктування. Це означає, що зміна одного параметра автоматично призведе до відповідної зміни всієї моделі, що значно спрощує процес експериментування з різними формами та структурами.

Grasshopper є потужним інструментом для створення параметричних моделей, що дозволяє архітекторам та інженерам легко маніпулювати складними формами та структурам, оптимізувати процеси проєктування та забезпечувати високу точність результатів. Завдяки візуальному підходу до програмування, користувачі можуть створювати складні алгоритми без глибоких знань традиційного програмування, що значно спрощує та прискорює процес моделювання.

У сфері будівельної інженерії та архітектурного проєктування комп'ютерне моделювання стало потужним інструментом, що революціонізував спосіб проєктування та аналізу конструкцій. Часи, коли доводилось покладатися виключно на ручні розрахунки та фізичні прототипи вже в минулому. Натомість, сучасне програмне забезпечення та алгоритми дозволяють архітекторам та інженерам моделювати та оптимізувати роботу конструкцій з безпрецедентною точністю та ефективністю.

## **1.2 Переваги візуального програмування над традиційним комп'ютерним моделюванням**

Візуальне програмування в архітектурному та інженерному проектуванні набуло значної популярності завдяки своїм численним перевагам над традиційним комп'ютерним моделюванням.

Наприклад, мова Grasshopper, пропонує графічний інтерфейс, де алгоритми створюються за допомогою блоків та з'єднань між ними. Це дозволяє користувачам легко зрозуміти логіку роботи програми без необхідності вивчення синтаксису та структури традиційних мов програмування. Такий підхід особливо корисний для архітекторів та дизайнерів, які можуть не мати глибоких знань у галузі програмування [1].

Візуальне програмування дозволяє швидко створювати та модифікувати параметричні моделі. Зміни в параметрах автоматично оновлюють всю модель, що значно прискорює процес проектування та дозволяє швидко тестувати різні варіанти. Це особливо важливо в архітектурі, де необхідно часто вносити зміни на вимогу клієнтів або внаслідок нових інженерних розрахунків.

Також вони дають можливість створювати параметричні моделі, де геометрія та інші характеристики будівлі визначаються набором змінних параметрів. Це дозволяє легко адаптувати типовий проєкт до різних умов, таких як розміри ділянки, кліматичні особливості або змінні побажання клієнтів. Параметричність забезпечує гнучкість і дозволяє створювати складні геометричні форми, що було б важко реалізувати за допомогою традиційного комп'ютерного моделювання.

Візуальне програмування дозволяє автоматизувати багато рутинних і повторюваних завдань. За допомогою алгоритмів можна автоматично генерувати креслення, таблиці матеріалів, виконувати аналіз освітлення, енергоефективності тощо. Це звільняє час архітекторів та інженерів для більш творчих і складних завдань.

Мови візуального програмування, такі як Grasshopper, дозволяють взаємодіяти з моделлю в режимі реального часу. Зміни параметрів відразу відображаються на моделі, що дозволяє миттєво бачити результати та приймати

обґрунтовані рішення. Це значно підвищує ефективність процесу проектування та покращує взаємодію між командою проєкту та клієнтами.

Візуальні програмувальні платформи легко інтегруються з іншими програмними засобами для моделювання та аналізу. Наприклад, Grasshopper добре інтегрується з Rhinoceros, що дозволяє використовувати його потужні інструменти для NURBS-моделювання. Така інтеграція забезпечує широкий спектр можливостей для створення і аналізу моделей, зокрема структурних, теплотехнічних, світлотехнічних і екологічних.

Мови візуального програмування мають можливості для розширення функціональності за допомогою плагінів та додаткових модулів. Наприклад, Grasshopper підтримує численні плагіни, які додають нові функції та можливості для аналізу, оптимізації та візуалізації. Це робить платформу адаптивною до різних завдань та потреб користувачів. А завдяки активній спільноті користувачів та розробників, які обмінюються знаннями, ресурсами та підтримкою пришвидшується вирішення проблем з плагінами та розширюється доступ до нових.

### **1.3 Огляд мов візуального програмування та обґрунтування вибору Grasshopper як інструменту**

Мови візуального програмування (VPL) є потужними інструментами, що дозволяють користувачам створювати складні алгоритми шляхом маніпулювання графічними блоками замість написання коду вручну. Цей підхід значно спрощує процес програмування, роблячи його доступнішим для користувачів без глибоких знань у сфері традиційного програмування.

Візуальне програмування останніми роками набуло значної популярності в архітектурному та будівельному проєктуванні. Його основна перевага полягає у здатності створювати складні алгоритмічні моделі без необхідності писати традиційний код. Серед найбільш поширених інструментів візуального програмування варто виділити Blender, Dynamo та Grasshopper.



**Blender** – це вільний і відкритий набір інструментів для комп'ютерної 3D-графіки, який використовується для створення анімаційних фільмів, візуальних ефектів, 3D друку, інтерактивних 3D-додатків, віртуальної реальності, та відеоігор. Можливості Blender'a включають 3D-моделювання, UV-мапування, текстурування, цифрове малювання, редагування растрової графіки, такелаж і скіннінг, імітацію рідини і диму, імітацію частинок, імітацію м'якого тіла, ліплення, анімацію, рендеринг, анімаційну графіку, відеомонтаж, композицію тощо.

*Переваги:* Безкоштовне програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом, велика спільнота користувачів, регулярні оновлення та нові функції.

*Недоліки:* Складність інтерфейсу для новачків, обмежена підтримка специфічних архітектурних та інженерних функцій та відсутність інтеграції в програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання.

**DYNAMO** – це мова моделювання та супровідна графічна нотація, розроблена в рамках аналітичного апарату системної динаміки. Спочатку вона призначалася для промислової динаміки, але незабаром була поширена на інші сфери застосування, включаючи дослідження населення і ресурсів та міське планування. DYNAMO дозволяє створювати параметричні та алгоритмічні моделі безпосередньо у середовищі комп'ютерного моделювання споруд Revit. Це особливо корисно для архітекторів та інженерів, які працюють у BIM (Building Information Modeling) – Інформаційне моделювання будівель.

*Переваги:* Тісна інтеграція з Revit, що забезпечує безшовний обмін даними та можливість безпосереднього впливу на BIM-модель.

*Недоліки:* Відносно високий поріг входу для новачків, необхідність та вартість ліцензії на Revit, обмежені можливості для роботи поза межами BIM-контексту.

**Grasshopper** – це візуальна мова програмування та середовище, яке є встановлюваним модулем для різноманітного набору програм для комп'ютерного моделювання споруд, в тому числі які працюють у BIM. До цього списку відносяться Rhinoceros 3D, Autodesk Revit, Graphisoft ArchiCAD тощо.

Grasshopper – це потужний набір інструментів для параметричного та алгоритмічного моделювання. Він дозволяє користувачам створювати складні геометричні форми та структури, експериментувати з параметрами та швидко візуалізувати результати.

***Переваги:***

- зрозумілий і доступний інтерфейс, що дозволяє швидко розпочати роботу навіть новачкам у візуальному програмуванні;
- Grasshopper дозволяє легко створювати та швидко модифікувати складні параметричні моделі, що є важливим у архітектурному проектуванні;
- має можливість працювати як з NURBS так і Mesh геометрією;
- велика бібліотека доступних плагінів та можливість писати власні скрипти. Відкрита архітектура дозволяє розширювати функціональність за допомогою скриптів на Python або C#, що робить Grasshopper гнучким та потужним інструментом, здатним вирішувати різноманітні задачі;
- велика спільнота користувачів.

***Недоліки:*** Вимагає ліцензії на програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання споруд в яке буде інтегрований.

Тож, враховуючи широкі функціональні можливості, інтеграцію з потужними інструментами комп'ютерного моделювання, гнучкість та розширюваність, спільноту та ресурси Grasshopper є найкращим вибором для параметричного комп'ютерного моделювання споруд.

**Висновки до розділу 1**

У першому розділі проведено всебічний аналіз предметної сфери. Висвітлено актуальність комп'ютерного моделювання споруд. Зокрема, підкреслено, що сучасні архітектурні та інженерні проекти вимагають високої точності, ефективності та можливості швидких змін, що робить комп'ютерне моделювання за допомогою мов візуального програмування незамінним інструментом у проектуванні. Доведено, що використання комп'ютерних моделей дозволяє

оптимізувати процес проектування, зменшити витрати та підвищити якість кінцевого продукту.

Було показано, що візуальне програмування, яке базується на використанні графічних інтерфейсів, полегшує процес створення складних моделей, робить його більш інтуїтивним та доступним для користувачів з різним рівнем технічної підготовки. Крім того, забезпечує більшу гнучкість та можливість швидкої адаптації моделей до змінних умов проекту.

Проведено огляд мов візуального програмування, зокрема Blender, Dynamo та Grasshopper, та обґрунтування вибору Grasshopper як основного інструменту для комп'ютерного моделювання споруд. Проведено порівняльний аналіз цих мов за різними критеріями, такими як функціональні можливості, зручність використання та інтеграція з іншими програмами. Обґрунтовано, що Grasshopper, завдяки своїй потужності, гнучкості та широкому спектру застосувань, є найкращим вибором для даного дослідження.

Загалом, перший розділ роботи закладає теоретичну базу для подальшого дослідження та практичної реалізації комп'ютерного моделювання споруд за допомогою Grasshopper.

## 2 ОГЛЯД GRASSHOPPER

### 2.1 Історія та походження

Grasshopper справив значний вплив на архітектурну практику та освіту. Він змінив підхід до дизайну, зробивши його більш параметричним та алгоритмічним. Це дозволило архітекторам розширити свої можливості в створенні інноваційних та екологічно стійких рішень. Grasshopper, як інструмент візуального програмування для параметричного моделювання, має цікаву історію розвитку, що тісно пов'язана з розвитком програмного забезпечення для тривимірного моделювання та архітектурного проектування.

Історія Grasshopper починається з розвитку програмного забезпечення для 3D-моделювання Rhinoceros, створеного компанією Robert McNeel & Associates. Rhinoceros, випущений у жовтні 1998 року, швидко став популярним інструментом для NURBS-моделювання (Non-Uniform Rational B-Splines), який дозволяв створювати складні тривимірні геометричні форми з високою точністю.

Rhino здобув популярність серед архітекторів, дизайнерів, інженерів та художників завдяки своїй гнучкості, потужним інструментам моделювання та можливості працювати з великим набором форматів файлів. Однак для створення складних і точних параметричних моделей та алгоритмічного дизайну було потрібно щось більше, ніж просто інструменти для ручного моделювання.

У 2007 році Роберт МакНіл і його команда представили Grasshopper, як плагін для Rhinoceros, який призначався для візуального програмування та параметричного моделювання. Grasshopper надав користувачам можливість створювати складні алгоритми для генеративного дизайну, використовуючи візуальні блоки замість традиційного коду. Це дозволило архітекторам і дизайнерам, які не мали досвіду в програмуванні, використовувати параметричні методи у своїй роботі.

З моменту свого випуску Grasshopper швидко набув популярності завдяки своїй простоті та потужності. Його інтуїтивний інтерфейс і можливість інтеграції з різноманітним набором програмного забезпечення для комп'ютерного

моделювання дозволили користувачам легко створювати параметричні моделі, швидко експериментувати з різними варіантами дизайну та автоматизувати рутинні завдання.

Grasshopper став важливим інструментом у галузі архітектурного проектування, дозволяючи створювати складні форми та структури, які було важко або неможливо реалізувати за допомогою традиційних методів моделювання. Він також став платформою для розробки численних плагінів, які розширюють його функціональність, таких як Kangaroo (для фізичних симуляцій), Ladybug (для екологічного аналізу) та багато інших.

## 2.2 Основні функціональні можливості

Grasshopper є потужним інструментом для параметричного моделювання, що працює як плагін для Rhinoceros, Revit, ArchiCAD – популярного програмного забезпечення для 3D-моделювання. Його основні функціональні можливості дозволяють архітекторам, дизайнерам і інженерам створювати складні моделі та автоматизувати рутинні процеси. Таким цінним інструментом у сучасному архітектурному та інженерному проектуванні його роблять наступні можливості:

– **параметричне моделювання:** Grasshopper дозволяє створювати параметричні моделі, де геометричні форми визначаються набором змінних параметрів. Це дозволяє легко змінювати розміри, форми та інші характеристики об'єктів, автоматично оновлюючи всю модель відповідно до нових параметрів. Такий підхід значно підвищує гнучкість, точність і ефективність проектування;

– **алгоритмічний дизайн:** Grasshopper використовує візуальне програмування для створення алгоритмів, що визначають поведінку та форму об'єктів. Користувачі можуть створювати складні алгоритми, з'єднуючи блоки функцій, які виконують різні операції, такі як математичні обчислення, трансформації геометрії та генерація нових форм. Це дозволяє реалізовувати інноваційні дизайнерські ідеї та експериментувати з різними варіантами;

– **автоматизація рутинних завдань:** за допомогою Grasshopper можна автоматизувати багато рутинних завдань, таких як генерація креслень, розрахунок

площ і об'ємів, створення таблиць матеріалів та інше. Це звільняє час архітекторів та інженерів для творчих і стратегічних завдань, підвищуючи загальну ефективність проектування. Це допомагає при моделюванні комп'ютерних споруд в програмному забезпеченні яке не має такого набору функцій за замовчуванням, наприклад – Grasshopper;

– **інтеграція з іншими інструментами:** Grasshopper легко інтегрується з іншими програмними засобами та плагінами, розширюючи свої функціональні можливості. Наприклад, Grasshopper можна використовувати разом з плагінами Kangaroo (для фізичних симуляцій), Ladybug (для екологічного аналізу), Weaverbird (для топологічних модифікацій) та багатьма іншими. Це забезпечує широкий спектр можливостей для аналізу, оптимізації та візуалізації моделей;

– **динамічна візуалізація та взаємодія:** Grasshopper дозволяє динамічно візуалізувати результати моделювання в режимі реального часу. Зміни параметрів та алгоритмів миттєво відображаються на моделі, що дозволяє швидко оцінювати та коригувати дизайн. Це забезпечує звичну для архітекторів та ефективну взаємодію між членами команди та клієнтами, підвищуючи загальну якість проєктів;

– **гнучкість та розширюваність:** Grasshopper надає можливість розширення своєї функціональності за допомогою додаткових модулів та плагінів. Крім того, користувачі можуть створювати власні компоненти, використовуючи мови програмування Python або C#, що дозволяє адаптувати Grasshopper під специфічні потреби проєктів;

– **аналітичні та симуляційні можливості:** Grasshopper підтримує різні типи аналізу та симуляцій, такі як аналіз сонячного освітлення, енергоефективності, структурної цілісності та інших важливих параметрів. Це дозволяє оцінювати ефективність та стійкість проєктів ще на ранніх етапах розробки, зменшуючи ризики та оптимізуючи дизайн;

– **підтримка BIM:** Grasshopper може використовуватися в поєднанні з платформами BIM (Building Information Modeling), такими як Autodesk Revit чи Graphisoft ArchiCAD. Це є золотим стандартом галузі комп'ютерного моделювання

споруд. Плагін Rhino.Inside.Revit дозволяє інтегрувати Grasshopper безпосередньо в Revit, що забезпечує синхронізацію параметричних моделей з BIM-даними і підвищує ефективність управління будівельними проектами.

### 2.3 Приклади споруд, спроектованих з використанням Grasshopper

Grasshopper, як один з провідних інструментів для параметричного моделювання, широко використовується у створенні різноманітних архітектурних проєктів по всьому світу. Завдяки своїм можливостям він дозволяє архітекторам і дизайнерам експериментувати з формою, структурою та функціональністю будівель, забезпечуючи високу точність і ефективність у проєктуванні та будівництві.

Одне з найвідоміших архітектурних бюро під керівництвом Захи Хадід застосовує параметричне моделювання у кожному своєму проєкті. Найвпізнаванішою такою будівлею є «Heydar Aliyev Center» (рис. 2.1 – 2.2) розташована у Баку, Азербайджан.



Рисунок 2.1 – Фото «Heydar Aliyev Center» [13]

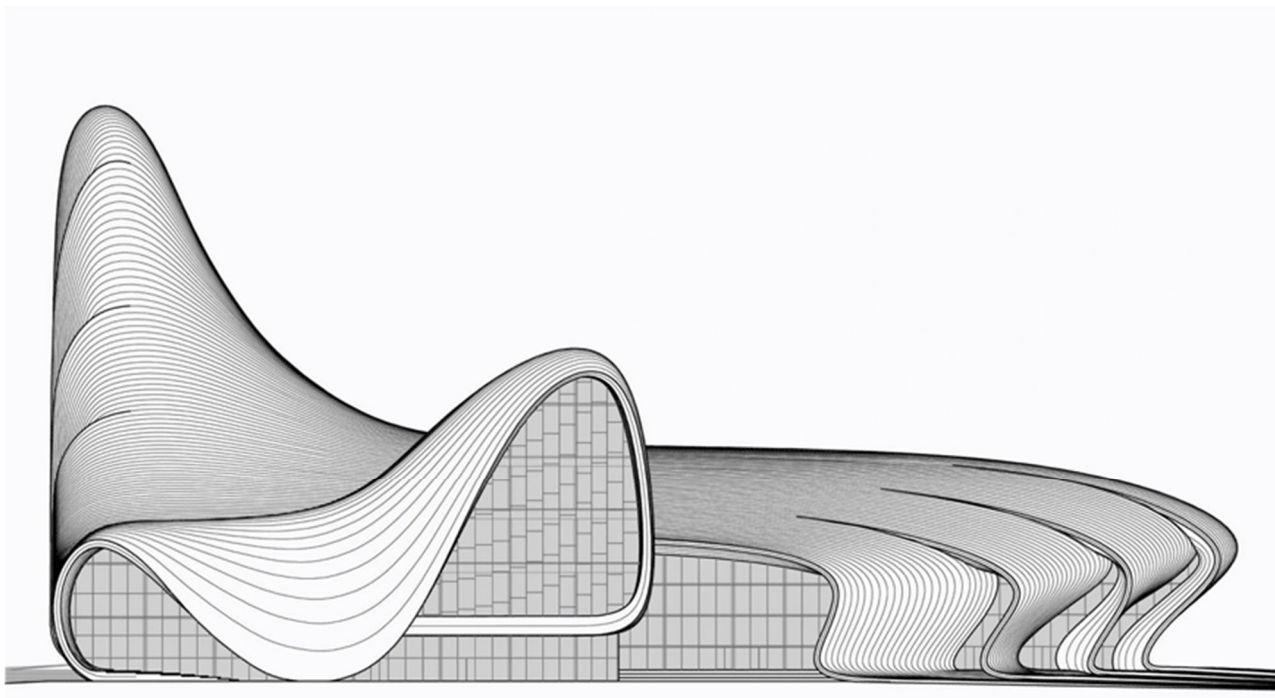


Рисунок 2.2 – Ортогональна проекція фасаду [14]

Дизайн Центру Гейдара Алієва встановлює безперервний, плинний зв'язок між навколишньою площею та інтер'єром будівлі. Площа, доступна для всіх як частина міського полотна Баку, піднімається, огортаючи публічний внутрішній простір і визначаючи послідовність просторів для проведення заходів, присвячених колективному святкуванню сучасної і традиційної азербайджанської культури. Складні форми, такі як хвилястість, біфуркації, складки та вигини, перетворюють поверхню площі на архітектурний ландшафт, що виконує безліч функцій: вітає, обіймає та скеровує відвідувачів через різні рівні інтер'єру. Цим жестом будівля розмиває традиційне розмежування між архітектурним об'єктом і міським ландшафтом, огорожувальною конструкцією і міською площею, фігурою і землею, інтер'єром і екстер'єром [13].

Інша знакова будівля запроєктована Zaha Hadid Architects за допомогою мови візуального програмування Grasshopper – Morpheus Hotel (рис. 2.3 – 2.4) в Макао, КНР.

Натхненний плавними формами багатих китайських традицій різьблення по нефриту, дизайн готелю Morpheus поєднує драматичні громадські простори та просторі гостьові кімнати з інноваційною інженерією та формальною цілісністю.



Задуманий як вертикальна екструзія прямокутного фундаменту, в його центрі вирізана серія порожнеч, що створює міське вікно, яке з'єднує внутрішні громадські простори готелю з містом і створює скульптурні форми, які визначають публічні простори готелю [15].



Рисунок 2.3 – Фото Morpheus Hotel [15]

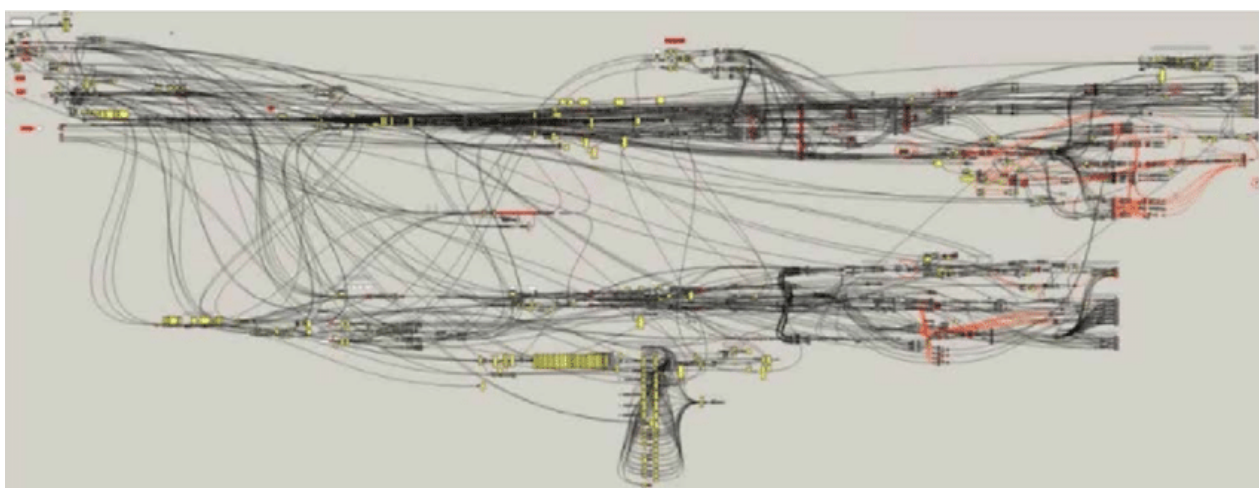


Рисунок 2.4 – Візуальний код Morpheus Hotel [16]

Не тільки архітектурне бюро Zaha Hadid Architects використовує у своїй роботі мови візуального програмування. BIG (Bjarke Ingels Group) також застосовували Grasshopper при проектуванні Vancouver House у Канаді [10].

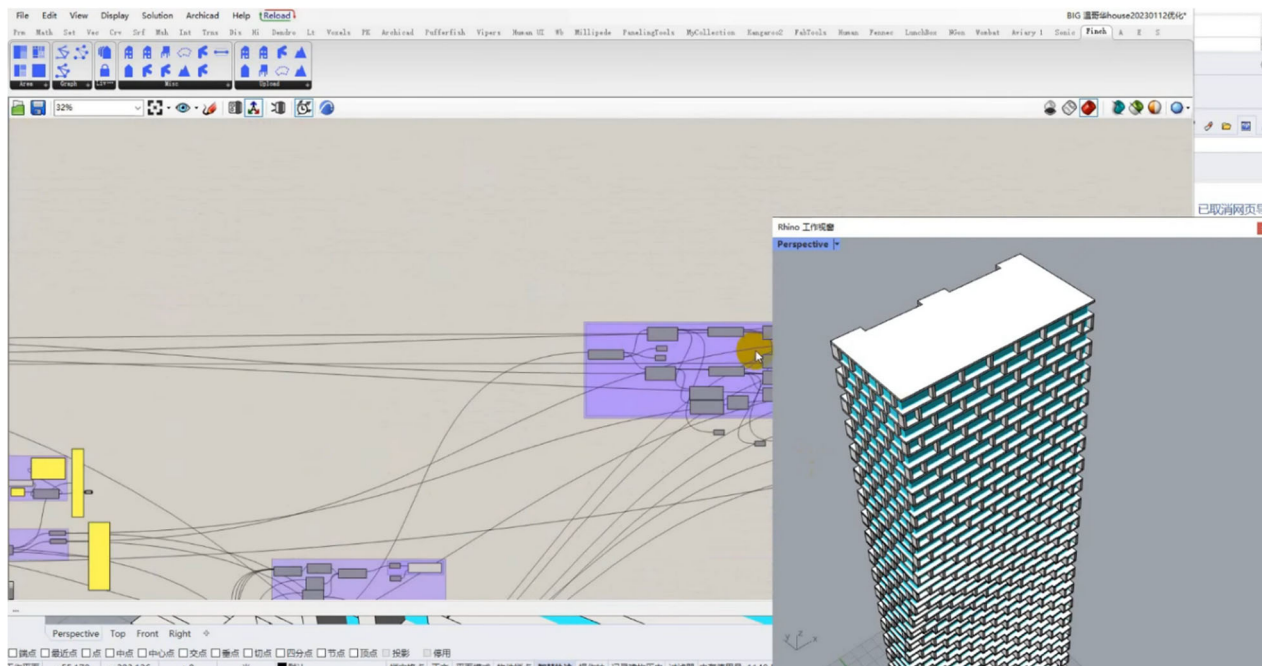


Рисунок 2.5 – Візуальний код Vancouver House [11]



Рисунок 2.6 – Фото Vancouver House [10]



Інноваційний житловий комплекс (рис. 2.5 – 2.6), який використовує параметричне моделювання для створення унікальної форми будівлі, що поступово розширюється до верхніх поверхів. Така геометрія будівлі обумовлена нормативними обмеженнями ділянки – після відступу від вулиць, мосту, а також сусіднього парку залишилася невелика трикутна ділянка, майже занадто мала для будівництва. Тож лише на висоті 30 метрів вдалось збільшити розмір плити перекриття [12].

Окрім незвичних за конструкцією будівель, візуальна мова програмування Grasshopper використовується і для проєктування звичних, кубічних споруд. Зокрема, для ускладнення фасадних систем і створення чудернацьких геометричних форм на них. Прикладом такої будівлі є музей сучасного мистецтва в центрі Лос-Анджелеса The Broad (рис. 2.7 – 2.10).

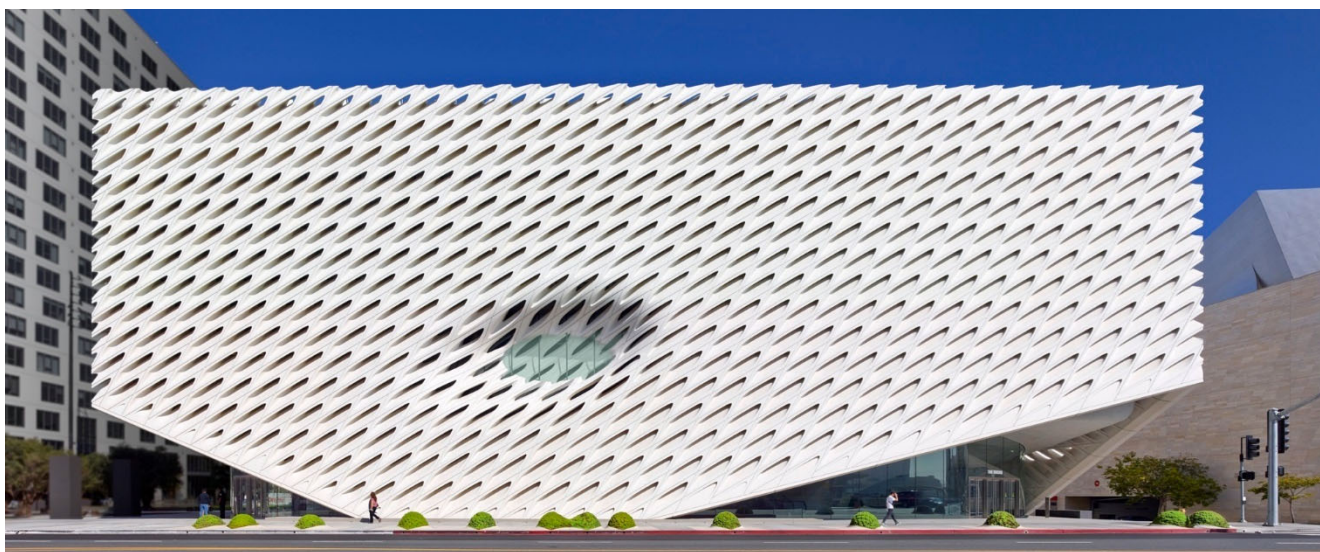


Рисунок 2.7 – Фото музею The Broad [17]

Це новий музей сучасного мистецтва, спроектований архітектурним бюро Diller Scofidio + Renfro та побудований філантропами. Музей є домівкою для майже 2 000 творів мистецтва з фонду та особистих колекцій філантропів, які є одними з найвідоміших зібрань сучасного мистецтва у світі. Завдяки інноваційній концепції фасадної системи, будівля площею 12 000 квадратних метрів і вартістю 140 мільйонів доларів має два поверхи галерей для демонстрації всеосяжних колекцій [17].

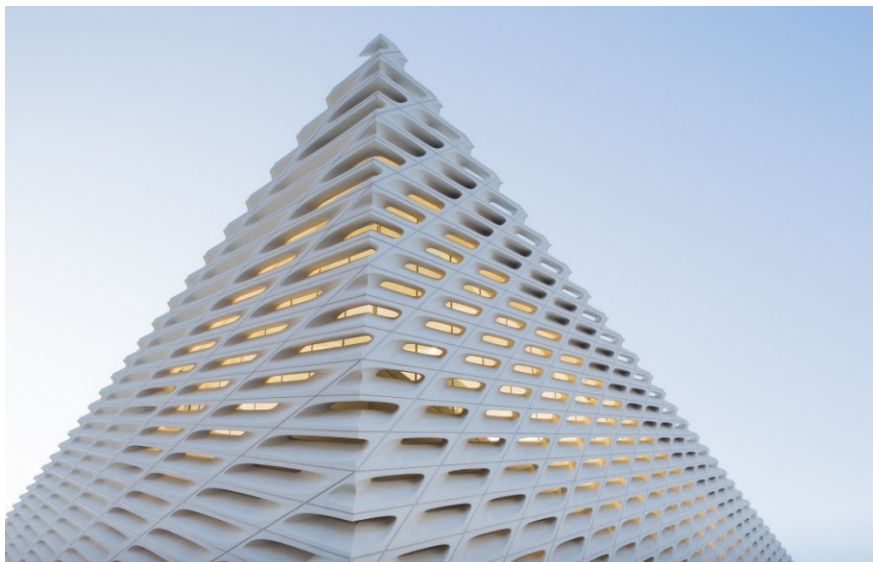


Рисунок 2.8 – Фото фасаду музею The Broad [17]

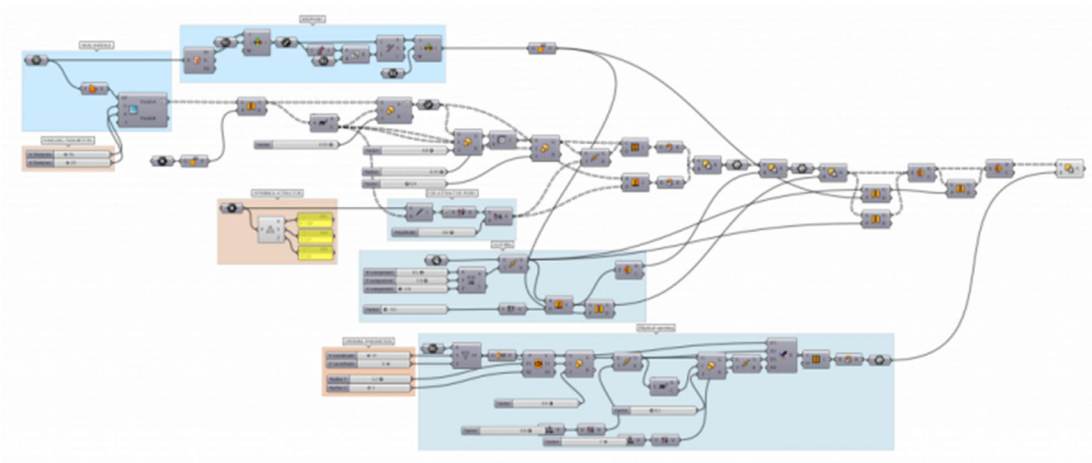


Рисунок 2.9 – Візуальний код музею The Broad [18]

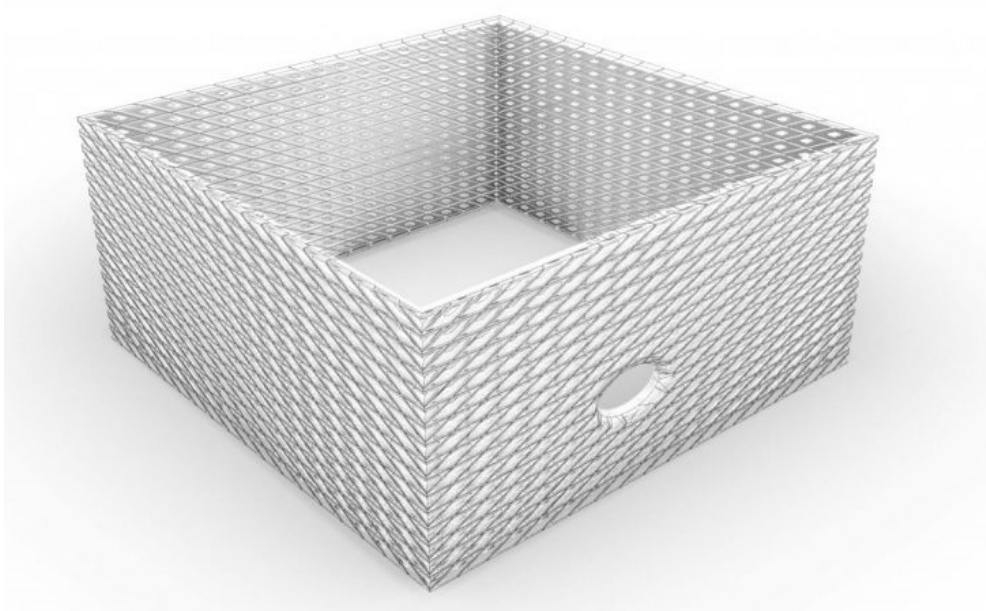


Рисунок 2.10 – Комп'ютерна модель фасадної системи музею The Broad [18]

## Висновки до розділу 2

Другий розділ присвячений історії та походженню Grasshopper. Було встановлено, що Grasshopper, як плагін для Rhinoceros 3D, з'явився завдяки потребі в більш гнучкому та інтуїтивно зрозумілому інструменті для візуального програмування у сфері архітектури та дизайну. Висвітлено етапи його розвитку, ключові віхи та вплив на індустрію архітектурного моделювання.

Розглянуто основні функціональні можливості Grasshopper. Показано, що Grasshopper надає широкі можливості для створення складних геометричних форм, автоматизації рутинних процесів, інтеграції з іншими програмними продуктами та використання параметричного моделювання. Особлива увага приділена можливостям створення адаптивних моделей, які можуть змінюватися відповідно до заданих параметрів, що значно полегшує роботу архітекторів та дизайнерів.

Продемонстровано практичні приклади споруд, спроектованих з використанням Grasshopper. Проаналізовано кілька відомих проектів, які були реалізовані завдяки використанню цього інструменту. Було показано, як Grasshopper дозволив архітекторам створювати унікальні та складні геометричні форми, які були б неможливі або дуже складні для реалізації традиційними методами. Наведені приклади ілюструють широкий спектр застосувань Grasshopper – від архітектурних фасадів до інтер'єрних рішень та інженерних конструкцій.

Підкреслено значущість Grasshopper як інструменту для сучасного архітектурного проектування. Завдяки своїм потужним функціональним можливостям та широкому спектру застосувань, Grasshopper став незамінним інструментом для архітекторів та дизайнерів, що дозволяє реалізовувати найсміливіші ідеї та підходи в проектуванні споруд.



## 3 РОЗРОБКА ПРОЄКТУ

### 3.1 Передпроектна підготовка

Для розробки було обрано проєкт центру освіти “Educational Hub” що проєктується за адресою проспект Центральний, 93д, місто Миколаїв, Миколаївська область (рис. 3.1). За цією адресою наприкінці дев'ятнадцятого століття була побудована фабрика сільськогосподарських знарядь братів Донських – одне з перших великих капіталістичних підприємств в місті. Після встановлення радянської влади підприємство було націоналізоване і дістало назву «Плуг і молот», а згодом на його базі було створено унікальне підприємство – завод «Дормашина», яке на сьогодні не несе жодної функції і підлягає знесенню згідно схемі зонування міста Миколаїв.



Рисунок 3.1 – Містобудівна ситуація розміщення об'єкта проєктування



Для розуміння містобудівної ситуації було проведено фотофіксацію території забудови (рис. 3.2 – 3.7).

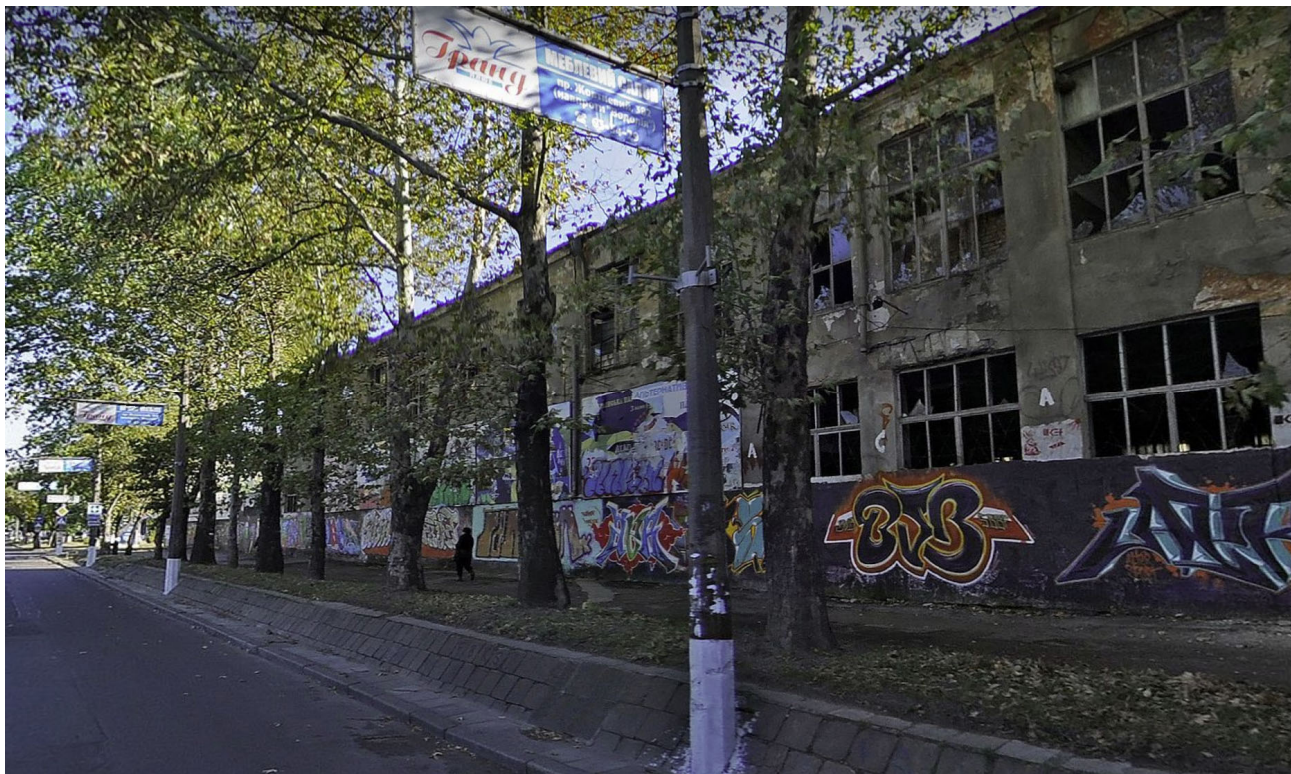


Рисунок 3.2 – Фото вздовж проспекту Центрального



Рисунок 3.3 – Фото по вулиці Інженерній





Рисунок 3.4 – Фото на розі проспекту Центрального та вулиці Інженерної



Рисунок 3.5 – Фото вздовж проспекту Центрального





Рисунок 3.6 – Фото на розі проспекту Центрального та вулиці Інженерної



Рисунок 3.7 – Фото на розі проспекту Центрального та вулиці Інженерної

### 3.2 Аналіз іноземного досвіду

*Стоматологічний центр університету Квінсленда, Австралія.*

Будівля (рис. 3.8 – 3.9) спроектована так, щоб об'єднати медичний кампус університету з прилеглою лікарнею. На вершині схилу будівля розпадається на частини, утворюючи атриум з вітряком, що діє як серце кампусу, якого раніше не було, і як перетин осей між кампусом, будівлею та лікарнею. Вона простягається вниз по схилу, але використовує топографію, щоб пов'язати кожен рівень з прилеглим парком.

Центр об'єднує всі університетські дисципліни. Більшу частину об'єму будівлі займають клінічні симуляційні кімнати, доклінічні лабораторії, дослідницькі лабораторії та аудиторії для лекцій/семінарів.

Намір полягав у тому, щоб загорнути екстер'єр в органічні простори і форми, відступивши в одних місцях, щоб зберегти існуючі дерева, а в інших - спроектувавши соціальні простори з виглядом на парк [19].



Рисунок 3.8 – Екстер'єр [19]



Рисунок 3.9 – Інтер'єр [19]



*Міжнародний молодіжний центр, Німеччина.*

Метою проєкту було створення місця, де молодь могла б вести тісний діалог, активно долучатися до навчання, а також налагоджувати дружні стосунки, формуючи нові перспективи на майбутнє.

Концепція цього місця (рис. 3.10 – 3.11) складається з трьох різних дерев'яних споруд із спільним центром, які вписуються в існуючий ландшафт і стають його частиною. Особливістю цього місця була його безпосередня близькість до природоохоронної зони.

Різні простори, необхідні для молодіжного центру, розміщені в чотирьох окремих будівлях. У центрі знаходиться простора тераса.

Будівля повністю складається з екологічно чистих матеріалів, які були обрані з урахуванням аспектів ресурсозбереження та утилізації відходів, а також запобігання шкідливим викидам в атмосферу. Концепція енергетики базується на використанні низки сталих та відновлюваних джерел енергії [20].



Рисунок 3.10 – Екстер'єр [20]



Рисунок 3.11 – Інтер'єр [20]

### 3.3 Аналіз вітчизняного досвіду

#### *Дитячий дозвільний центр, Одеса.*

Проектна пропозиція дозвільного центру це сучасний будинок, що складається з двох об'ємів (рис. 3.12).

Перший – двоповерховий, несе розважальну функцію, призначений для проведення дитячих свят, спільного відпочинку дітей і батьків. У підземних поверхах розташовані: технічні приміщення, комп'ютерний клуб з кафе на 50 відвідувачів, лазер-клуб, підсобні і виробничі приміщення кафе.

Другий об'єм – чотирьохповерховий, функціонально призначений для надання розширених послуг з позашкільної освіти та дошкільного розвитку дітей від 7 місяців до 16 років, оздоровлення, надання психологічної допомоги дітям. На верхніх поверхах розташовані: студія звуко- та відеозапису, адміністрація комплексу, кафе, курси для вступників до ЗВО, школа іноземних мов, підлітковий клуб.



Рисунок 3.12 – Екстер'єр

### 3.4 Функціонально-планувальна організація об'єкту проєктування

Об'ємно-просторове рішення (рис. 3.13 – 3.16) складається з трьох поверхів. Будівля у плані має прямокутну форму з розмірами у вісях 100,5 м × 25,1 м та висотою 8,5 м. Висота поверхів – 4м. Загальна площа 4771 м<sup>2</sup>.


















	Івент-хол		Кабінет секретаря		Нарадова
	Гардеробна		Кабінет художніх наук		Зал відпочинку
	Кабінет викладачів		Кабінет іноземних мов		Рецепшн
	Кабінет директора		Комора		Сан вузол для МГН
	Кабінет комп'ютерних наук		Коридор		Сан. вузол
	Кабінет макетування		Ланч-хаб		Тамбур
	Кабінет робототехніки		Медичний кабінет		Технічне приміщення

Рисунок 3.13 – Експлікація приміщень

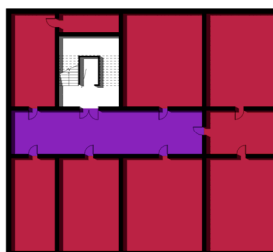


Рисунок 3.14 – Схема підвалу



Рисунок 3.15 – Схема першого поверху



Рисунок 3.16 – Схема другого поверху

### 3.5 Розробка візуального аналізу інсоляції будівлі

Аналіз інсоляції є важливою складовою проектування будівель, що значно впливає на їх комфортність, енергоефективність та екологічну стійкість. Інсоляція, тобто освітленість сонячним світлом, має велике значення для створення сприятливого мікроклімату всередині будівель і забезпечення оптимальних умов проживання та роботи людей.

Природне освітлення позитивно впливає на фізичне та психологічне здоров'я людей. Достатня кількість сонячного світла в приміщеннях сприяє підвищенню настрою, продуктивності праці та загальному самопочуттю. Використання природного освітлення дозволяє знизити споживання електроенергії на освітлення, що є важливим фактором у забезпеченні енергоефективності будівель. Добре продумане розташування вікон та інших світлопрозорих конструкцій дозволяє максимально використовувати сонячну енергію для обігріву приміщень у холодний період року, що зменшує витрати на опалення.

Для розробки візуального коду використовувалось програмне забезпечення Rhinoceros, надбудова для інтеграції мови візуального програмування Grasshopper, її вбудовані інструменти та зовнішній плагін Climate studio (рис. 3.17).

ClimateStudio - це потужний плагін для Grasshopper, який надає архітекторам, інженерам та дизайнерам інструменти для аналізу інсоляції, енергоефективності, денного світла та інших екологічних параметрів будівель. ClimateStudio використовує передові алгоритми та методи для проведення складних симуляцій та аналізу, допомагаючи користувачам приймати обґрунтовані рішення у процесі проектування [21].

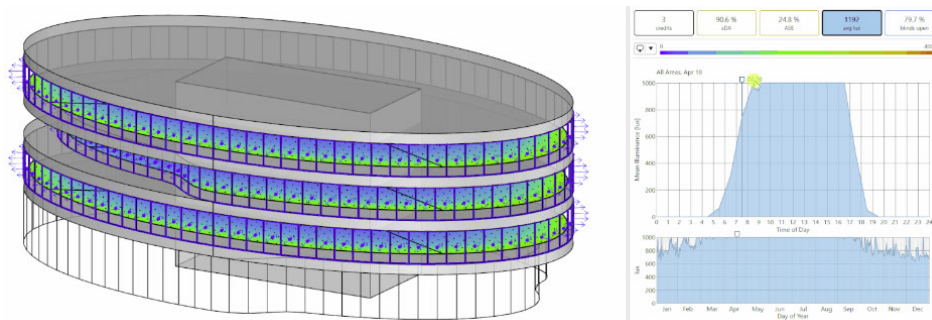


Рисунок 3.17 – Демонстрація можливостей плагіну ClimateStudio [21]



Як результат обробки коду можна переглянути площу підлоги першого поверху (рис. 3.21) на яку безпосередньо потраплятимуть сонячні промені через вікна. Візуальний аналіз одразу ж дає можливість зробити висновок, що південний та західний фасади будівлі матимуть менший показник інсоляції через перешкоди у вигляді існуючої будівлі – з заходу, та зелених насаджень з півдня.

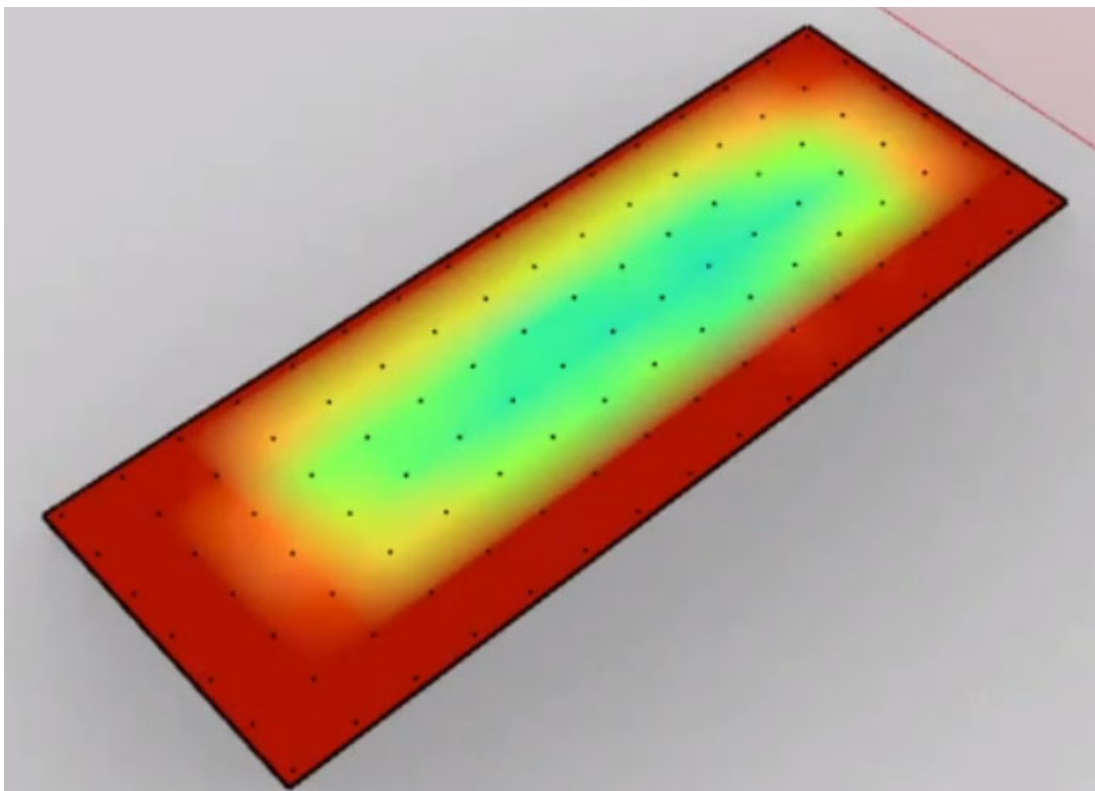


Рисунок 3.21 – Візуалізація інсоляції будівлі

### 3.6 Розробка візуального коду для створення конструктиву будівлі

На першому етапі необхідно розробити візуальний код у Grasshopper, який генерує основну геометрію будівлі. Для цього стандартними інструментами мови візуального програмування Grasshopper було створено послідовність алгоритмів (рис. 3.22), що визначають габарити стін, підлоги, покрівлі та прорізів для вікон і дверей.

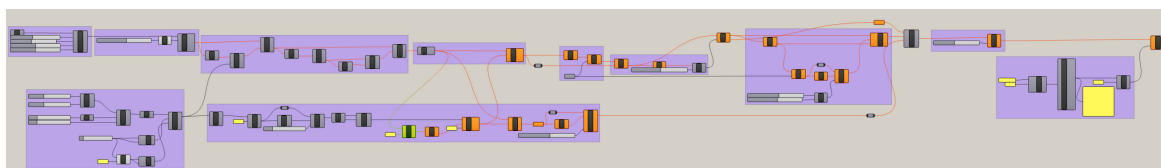


Рисунок 3.22 – Візуальний код конструктиву будівлі



Результат обробки коду – геометрія будівлі, попередній перегляд якої відображається у панелі перегляду Rhinoceros (рис. 3.23).

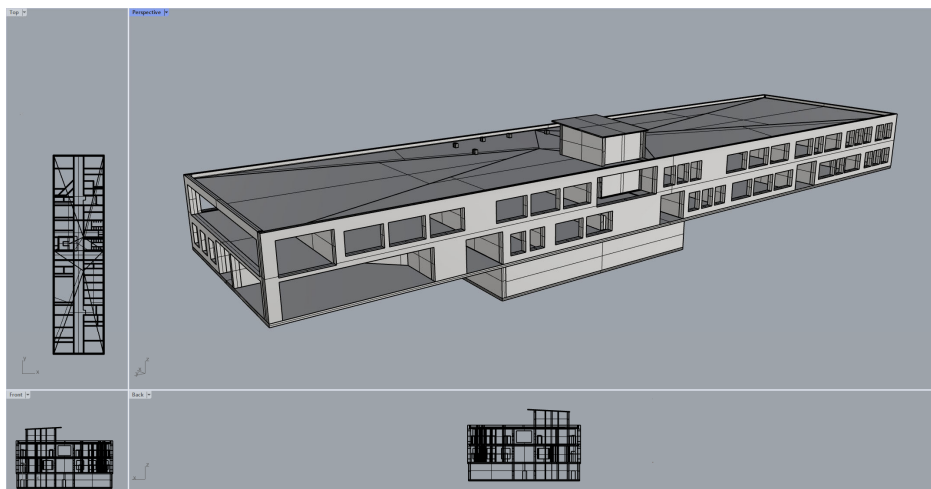


Рисунок 3.23 – Попередній перегляд результату обробки коду

Далі необхідно заповнити віконні та дверні рами. Оскільки до цього вже було визначено точки їх вставки, залишається поєднати їх з візуальним кодом що генерує геометрію металопластикових двопакетних вікон з розміщенням стулок залежно від ширини проєму (рис. 3.24 – 3.25).

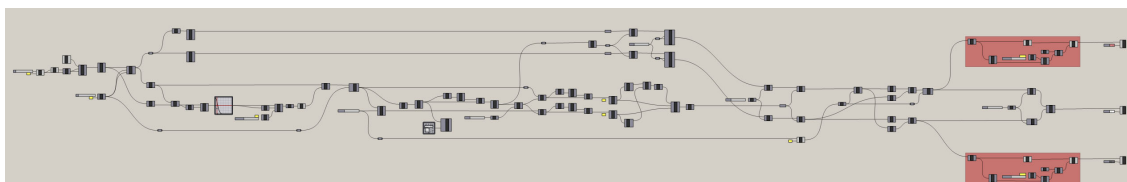


Рисунок 3.24 – Візуальний код вікон та дверей



Рисунок 3.25 – Попередній перегляд результату обробки коду

Після створення базової геометрії будівлі можна перейти до розробки візуального коду параметричного фасаду. Він повинен створювати отвори у сітці фасадної системи у випадковому порядку (рис. 3.26 – 3.27).

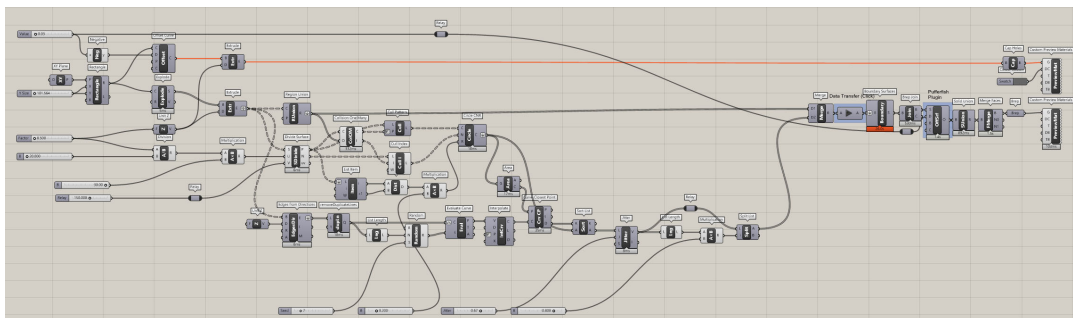


Рисунок 3.26 – Візуальний код параметричного фасаду

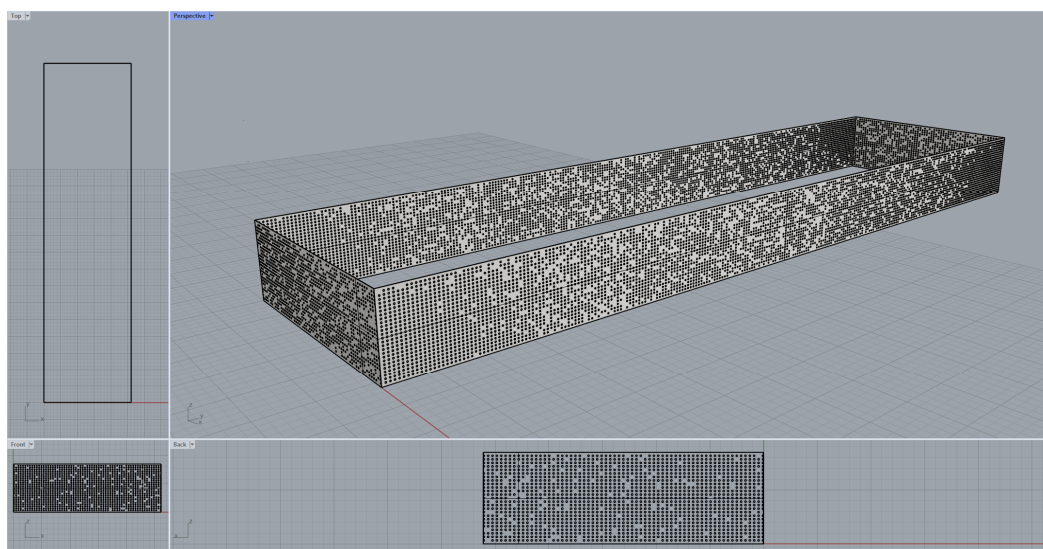


Рисунок 3.27 – Попередній перегляд результату обробки коду

Тепер у фасаді необхідно зробити прорізи для віконних та дверних рам. Оскільки до цього вже було визначено точки їх вставки, залишається поєднати їх з візуальним кодом що відсікає геометрію у відповідних точках (рис. 3.28).

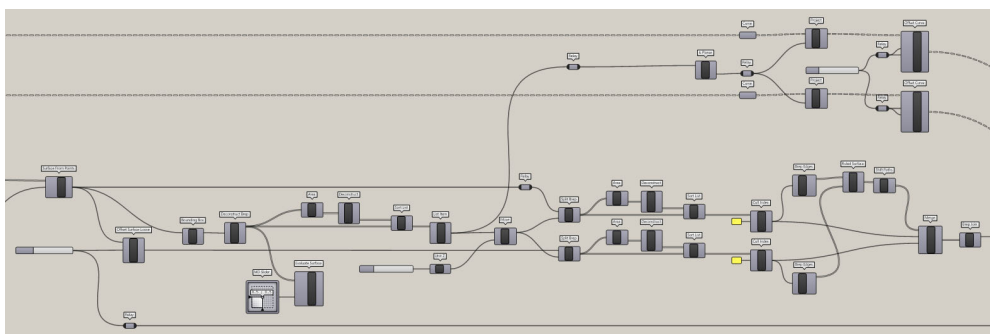


Рисунок 3.28 – Візуальний код для редагування параметричного фасаду

Останнім етапом необхідно «запекти» запроєктовану геометрію у середовищі Rhinoceros (рис. 3.29), щоб можна було працювати з нею в подальшому.

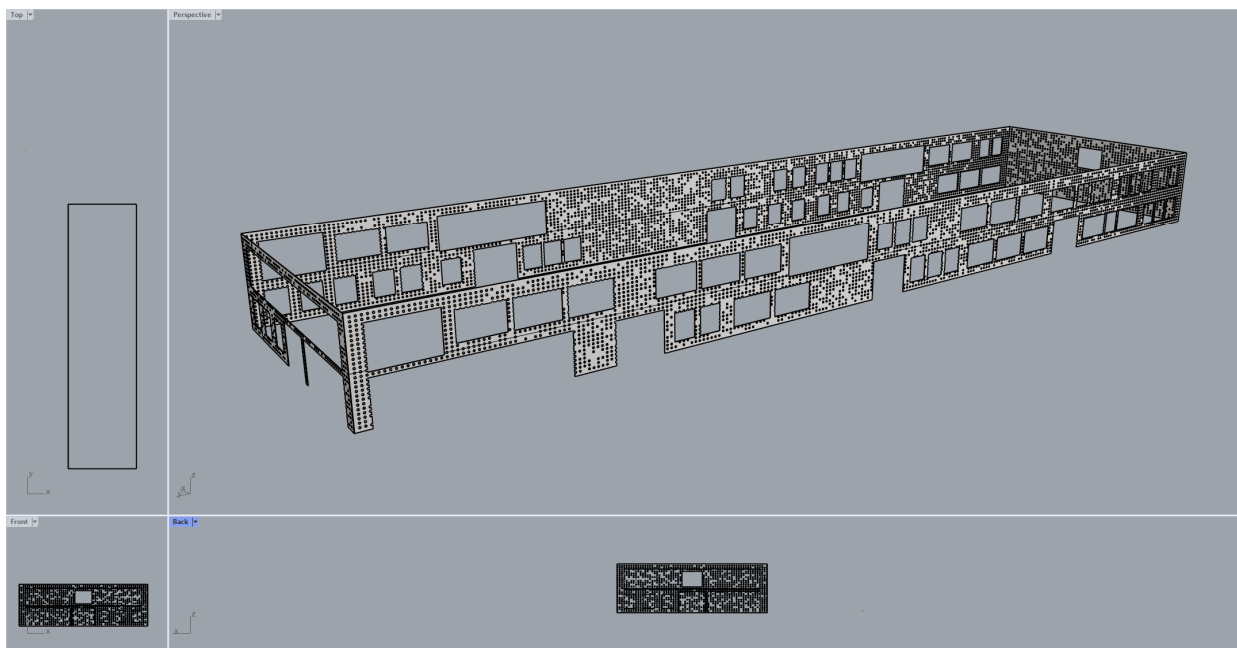


Рисунок 3.29 – Геометрія параметричного фасаду у середовищі Rhinoceros

### 3.7 Моделювання навколишнього середовища будівлі

Моделювання навколишнього середовища будівлі є важливим етапом в архітектурному проектуванні, який впливає на якість проекту та його відповідність реальним умовам. Це включає створення детального оточення для плану благоустрою та наповнення рендерів, що дозволяє візуалізувати проект у контексті його майбутнього розташування.

Детальне пропрацювання оточення будівлі дозволяє детально аналізувати існуючу територію, враховувати її рельєф, наявні будівлі та інші особливості. Це допомагає у плануванні розташування нових будівель, доріг, зелених зон та інших елементів благоустрою, а також визначити найкраще розташування будівлі що проектується з урахуванням таких факторів, як інсоляція, напрям вітру, види з вікон та доступ до інфраструктури.

Інший аспект, на який впливає детальність проробки навколишнього середовища будівлі – архітектурна візуалізація. Наповнення рендерів деталями

оточення, такими як дерева, чагарники, тротуари, автомобілі та люди, додає реалістичності візуалізації. Це дозволяє краще уявити, як будівля виглядатиме у реальному середовищі, що підвищує презентабельність проекту перед, наприклад, замовниками чи інвесторами.

На початковому етапі розробки наповнення плану благоустрою було створено чорновий варіант генерального плану (рис. 3.30), розміщено на ньому тротуари, дороги, парки, зелені зони та інші будівлі. Цей етап роботи виконувався в середовищі програмного забезпечення Rhinoceros, з використанням його стандартного набору функції – базових геометричних форм.

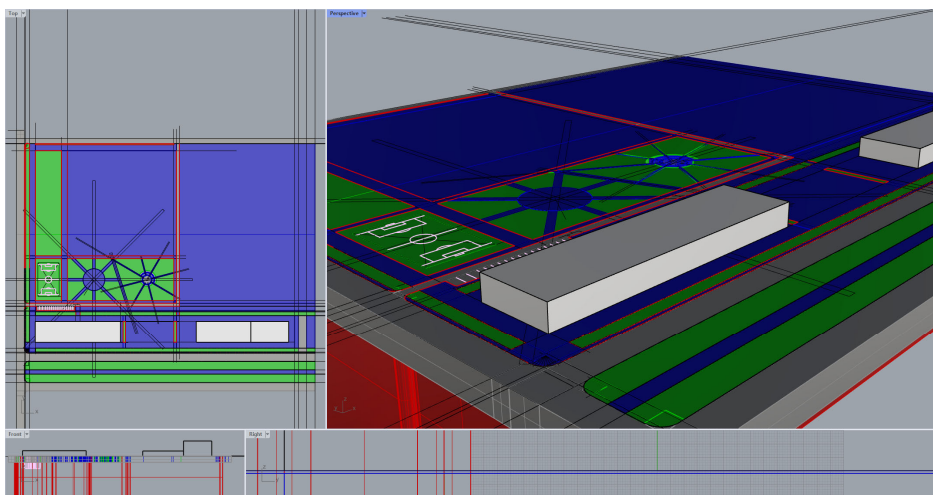


Рисунок 3.30 – Макет генерального плану

Оскільки генеральним планом передбачено паркові зони з двома центральними площами, необхідно розробити об'єкти що будуть центрами їх тяжіння. Тож було створено візуальні коди двох малих архітектурних форм (рис. 3.31 – 3.32). Одна призначена для відпочинку на ній, а інша – як декоративний елемент облагороджування.

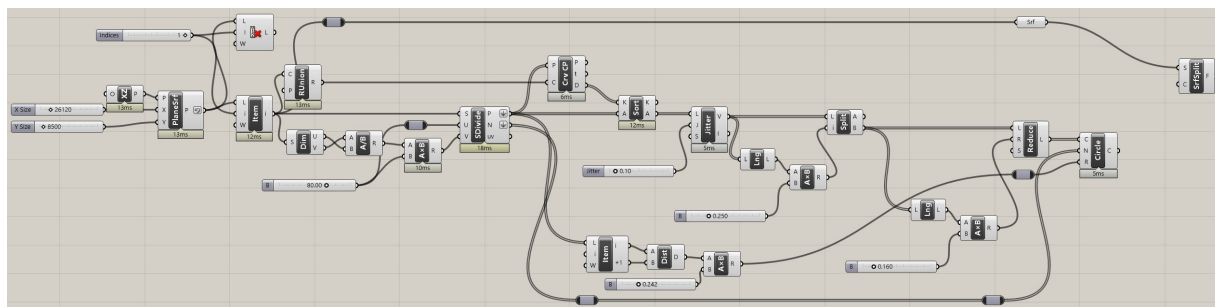


Рисунок 3.31 – Візуальний код малої архітектурної форми



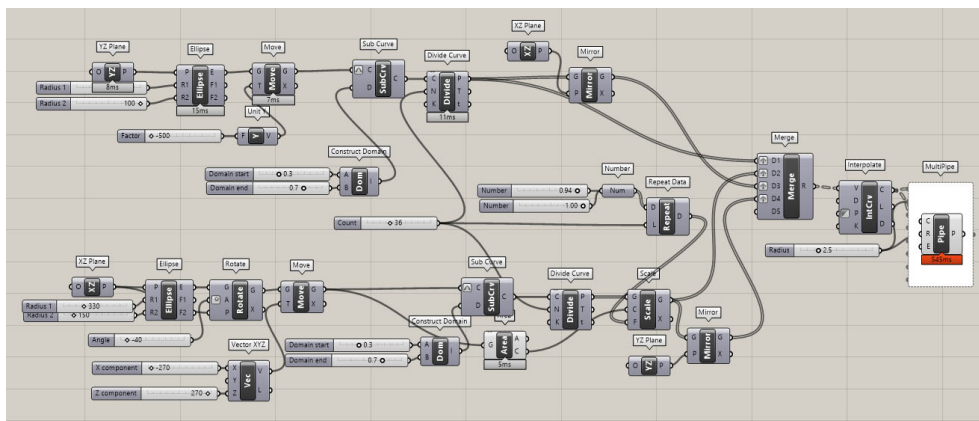


Рисунок 3.32 – Візуальний код малої архітектурної форми

Результат обробки коду – геометрія МАФів, попередній перегляд яких відображається у панелі перегляду Rhinoceros (рис. 3.33 – 3.34).

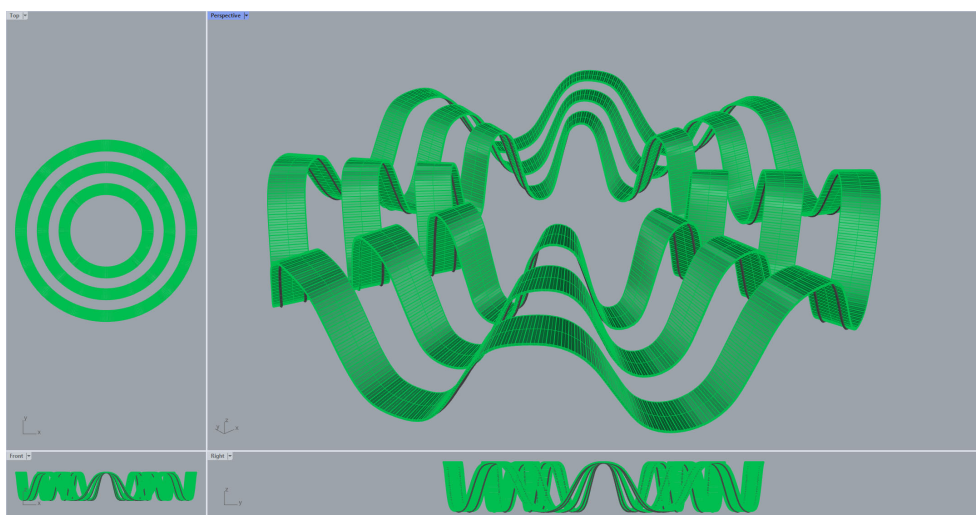


Рисунок 3.33 – Попередній перегляд результату обробки коду

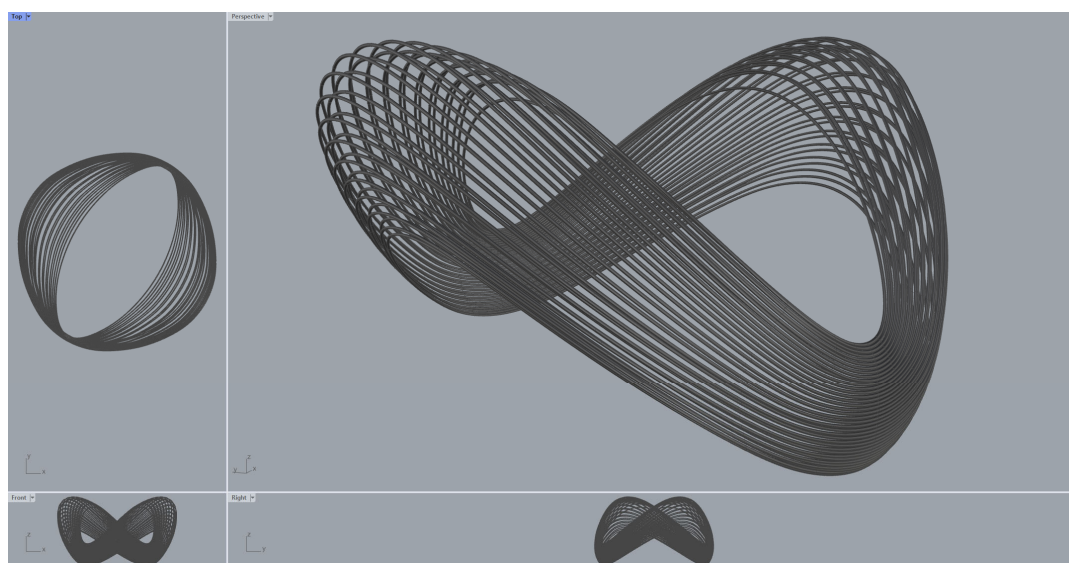


Рисунок 3.34 – Попередній перегляд результату обробки коду

Останнім етапом необхідно «запекти» запроєктовану геометрію у середовищі Rhinoceros (рис. 3.35), щоб можна було розмістити її в попередньо визначених місцях на плані благоустрою та доопрацювати змодельовавши інші елементи облагороджування (рис. 3.36).

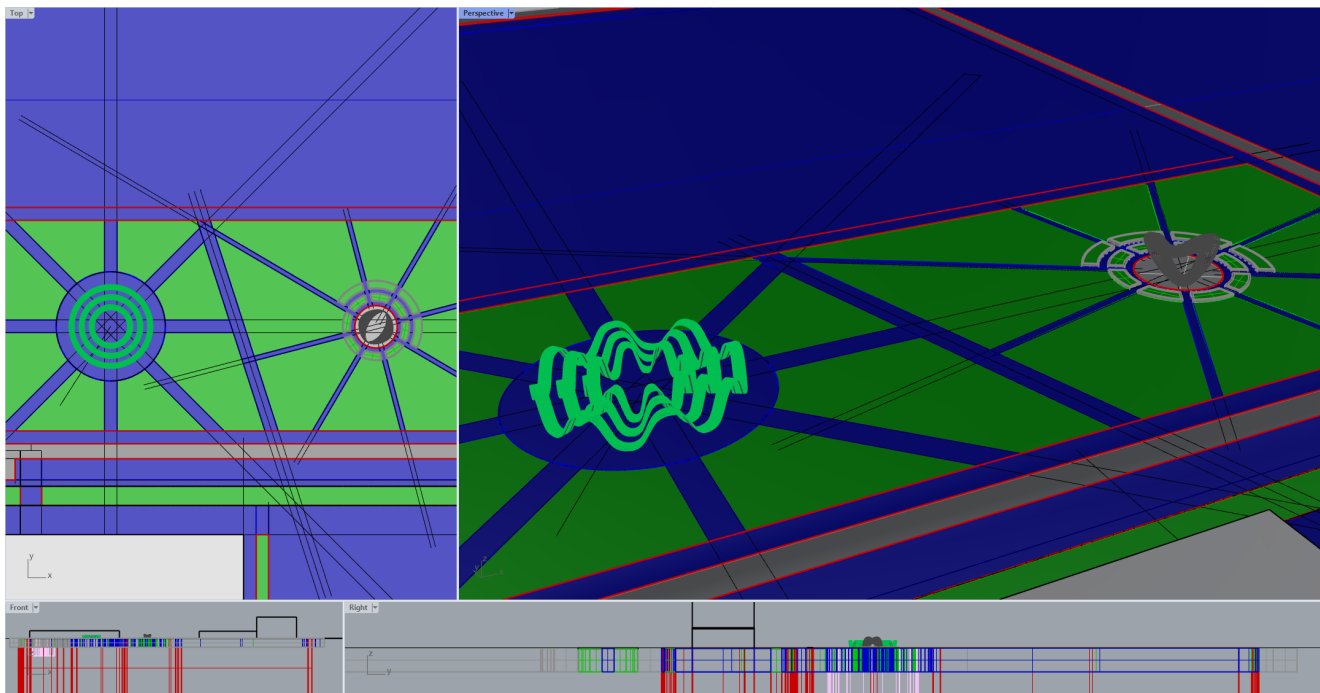


Рисунок 3.35 – Розташування малих архітектурних форм на генеральному плані

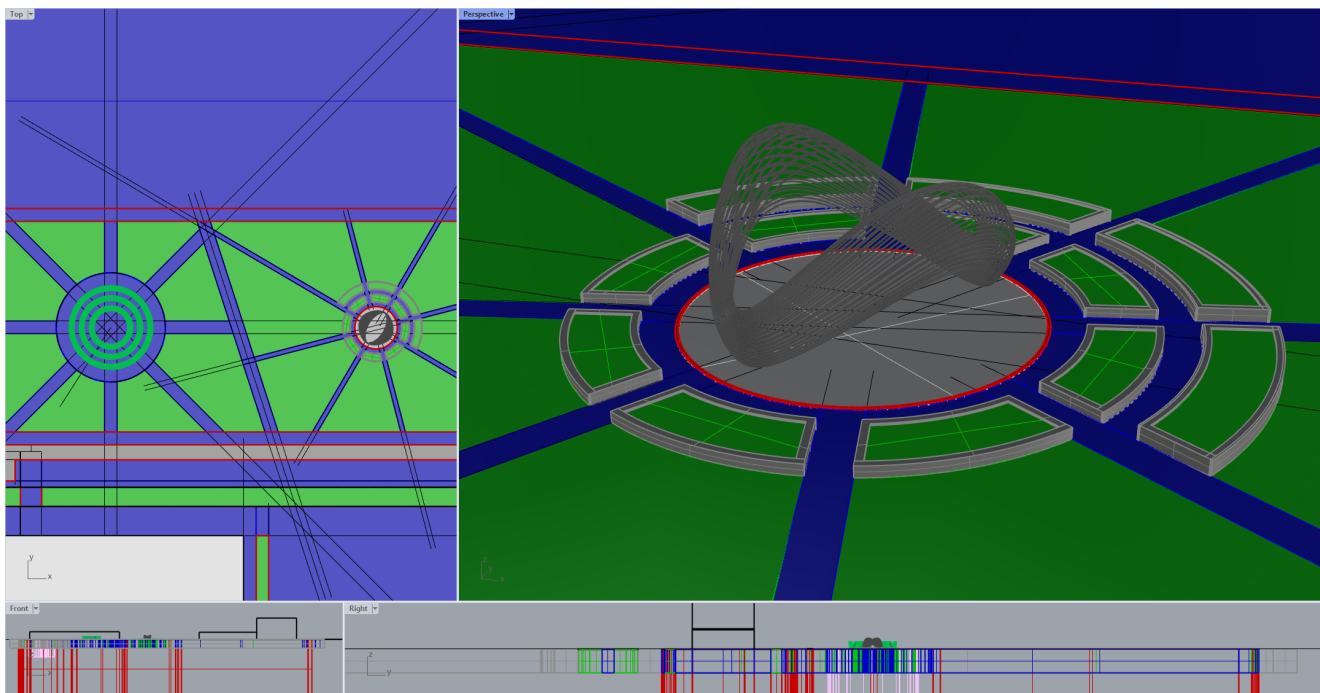


Рисунок 3.36 – Доопрацьована модель малої архітектурної форми

### 3.8 Об'єднання у BIM-модель

Фінальним етапом моделювання є експорт виконаних елементів з Rhinoceros до Revit для деталізації та подальшого використання в архітектурному проектуванні, документуванні та візуалізації.

Перед експортом важливо впевнитися, що всі моделі готові для перенесення. Це означає перевірку геометрії на наявність помилок, оптимізацію полігонів та правильне розташування об'єктів. Всі елементи, включаючи будівлю, параметричний фасад, генеральний план і малі архітектурні форми (МАФи), мають бути належним чином розмічені, згруповані та розміщені у відповідних шарах для коректного експорту.

Rhinoceros має кілька методів для експорту моделей у Revit. Один з найпоширеніших способів – використання плагінів, таких як Rhino.Inside.Revit, який інтегрує Rhino з Revit безпосередньо. У цьому випадку, після встановлення плагіну, можна відкрити Rhino всередині Revit і використовувати всі інструменти обох програм одночасно. Інший варіант – зберегти модель у форматі .rfa та імпортувати до Revit як сімейство. Таким чином зберігається висока швидкість Revit, але відсутня можливість відредагувати імпортований елемент в подальшому.

Було обрано другий спосіб, оскільки в даному випадку моделі не потребують редагування. Кожен елемент був окремо експортований з Rhinoceros та імпортований до Revit (рис. 3.37).

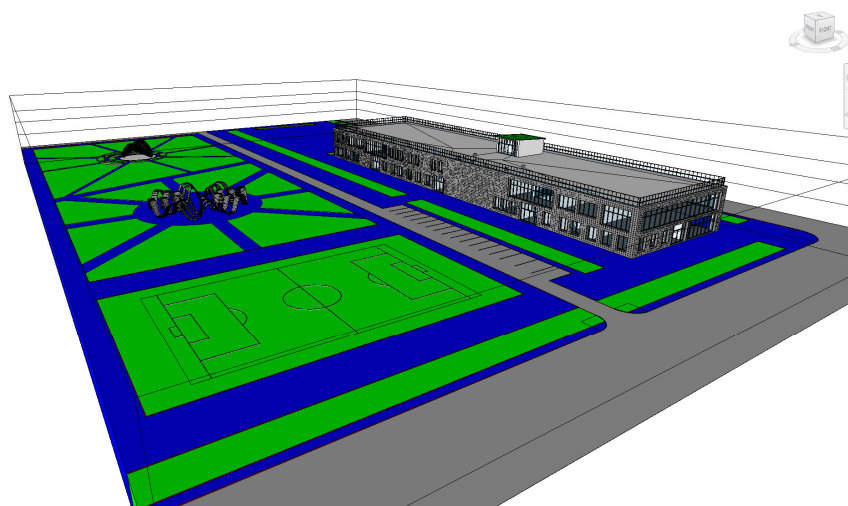


Рисунок 3.37 – Імпортована геометрія з Rhino до Revit

Для створення повноцінного враження від проєкту, щоб надати йому життя і реалістичності необхідно додати елементи антуражу та стафажу, назначити відповідні матеріали всім елементам проєкту.

Антураж включає всі декоративні елементи та деталі (дерева, ліхтарі, урни, лави тощо), які доповнюють архітектурний проєкт і роблять його більш правдоподібним. Стафаж, з іншого боку, представляє собою дрібні деталі та фігури людей, тварин чи інших об'єктів, які додаються до сцени для додання масштабу та динаміки. Використання цих елементів значно підвищує якість і привабливість візуалізацій.

Для того щоб не створювати ці елементи та текстури власноруч, було використано вбудовану бібліотеку плагіну візуалізації Enscape. Вона включає в себе 425 матеріалів і 4346 готових елементів антуражу та стафажу (рис. 3.38 – 3.39).



Рисунок 3.38 – Бібліотека моделей Enscape



Рисунок 3.39 – Бібліотека матеріалів Enscape



Спочатку було наповнено проєкт всіма необхідними для благоустрою моделями – деревами, ліхтарями, урнами, лавами, автомобілями тощо (рис. 3.40).

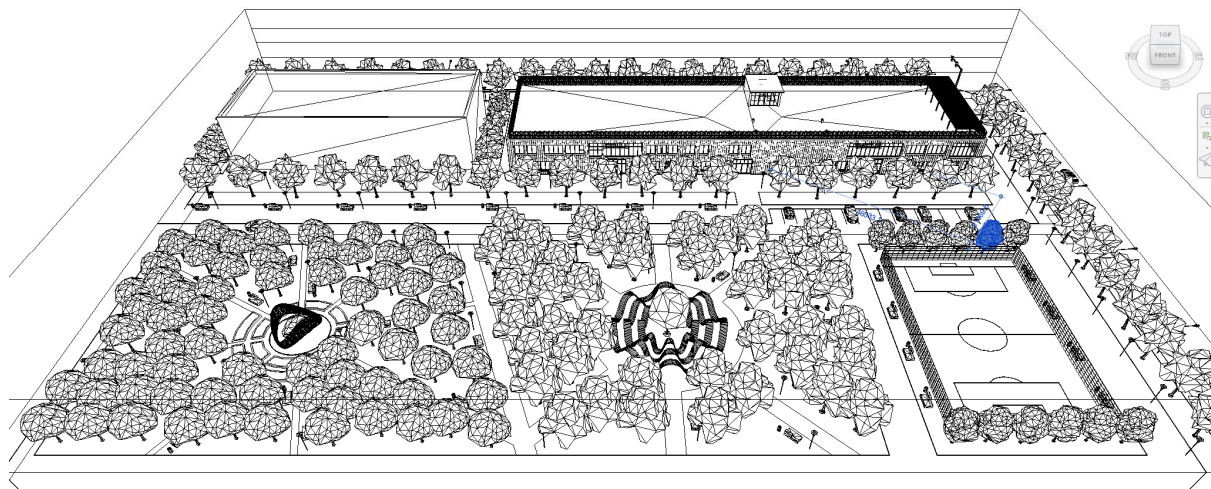


Рисунок 3.40 – Благоустрій проєкту

Далі назначено відповідні матеріали всім елементам (рис. 3.41).



Рисунок 3.41 – Благоустрій проєкту

Наступним важливим кроком було призначення ВІМ даних кожному імпортованому елементу (рис. 3.42 – 3.44). Цей процес включав детальне визначення параметрів та властивостей кожного об'єкта, таких як тип, матеріали, розміри, прив'язки, функціональні характеристики та інші важливі атрибути.

Призначення BIM даних полягало в ідентифікації кожного елементу – стін, підлог, вікон, дверей та елементів параметричного фасаду. Для кожного з них були визначені відповідні параметри, що описують їхні фізичні та функціональні властивості. Для стін були призначені параметри матеріалів, товщини, висоти та типу конструкції. Для вікон та дверей були встановлені параметри розмірів, матеріалів рами та скла, а також властивості відбивання і прозорості.

Цей процес важливий з кількох причин. По-перше, призначення BIM даних забезпечує високу точність і деталізацію проекту. Кожен елемент має свої конкретні характеристики, які відображаються в проектній документації та можуть бути використані для аналізу та подальшого проектування. Це дозволяє створювати більш точні креслення та специфікації, що знижує ризик помилок на етапі будівництва.

По-друге, призначення BIM даних є ключовим для подальшого формування креслень. У Revit ці дані автоматично інтегруються в креслення, специфікації та звіти, що дозволяє швидко і легко генерувати необхідну документацію. Наприклад, параметри матеріалів і розмірів використовуються для створення специфікацій матеріалів, а дані про функціональні характеристики елементів можуть бути включені в звіти про енергоефективність або інші аналітичні документи.

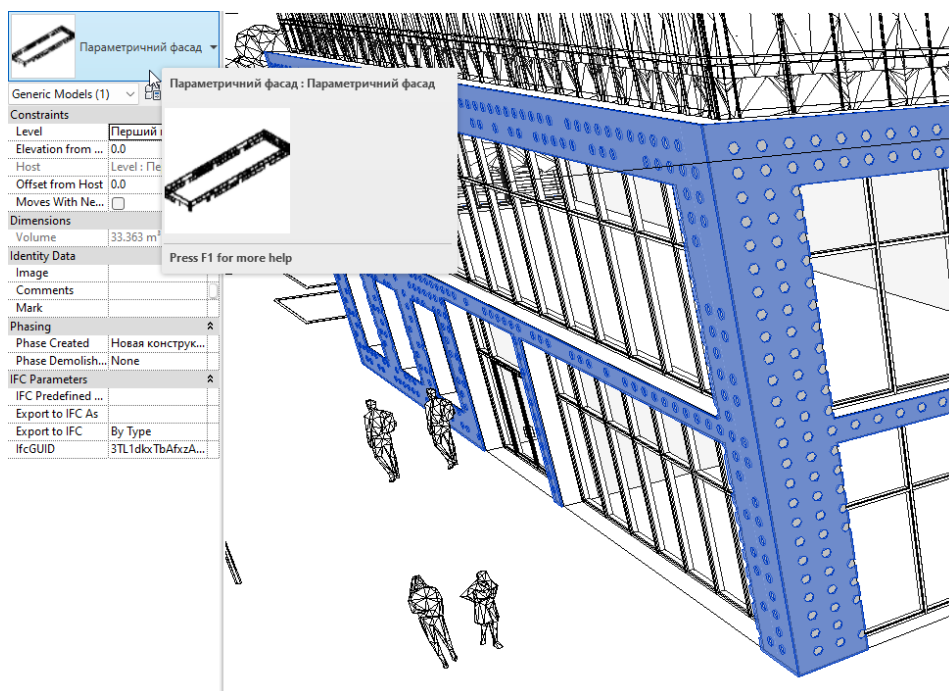


Рисунок 3.42 – Характеристики параметричного фасаду

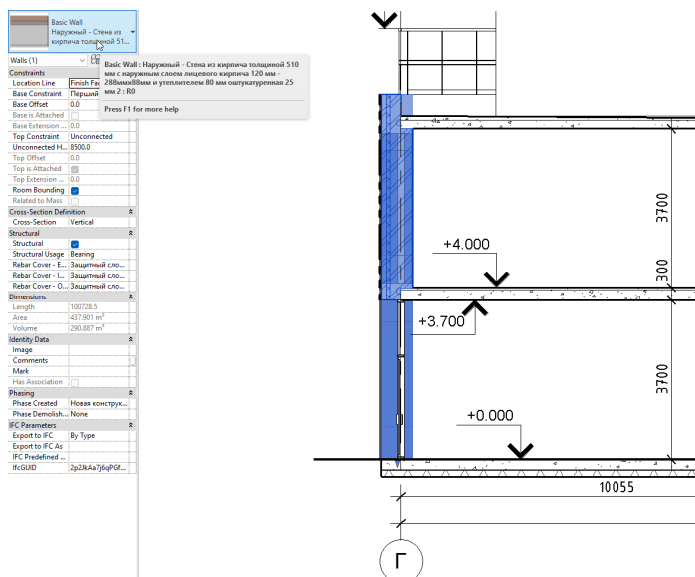


Рисунок 3.43 – Параметри зовнішніх стін

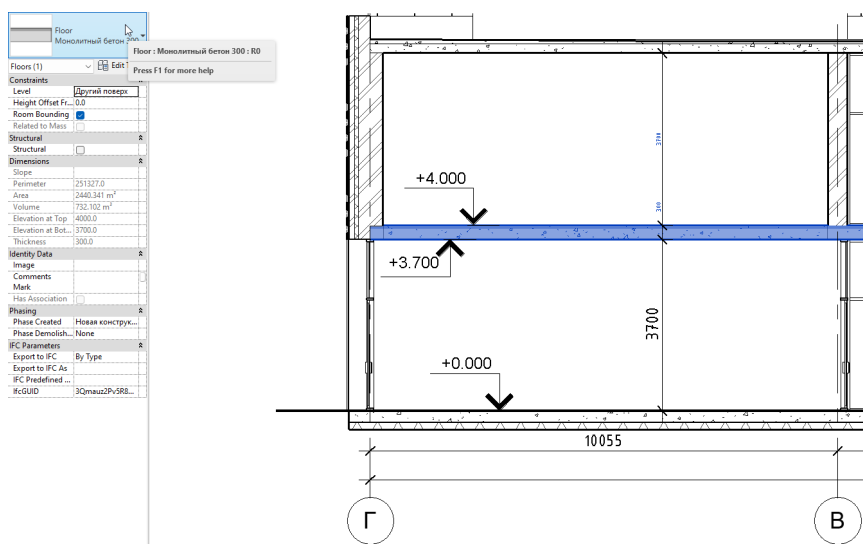


Рисунок 3.44 – Параметри перекриття

### 3.9 Архітектурно-дизайнерське рішення інтер'єру

Для детальної розробки було обране приміщення призначене для навчальної роботи. Це кабінет іноземних мов (рис. 3.45). Передбачені зручні робочі місця для викладача та студентів та високоякісні телекомунікаційні технології.

Стиль інтер'єру – мінімалізм. Він ідеально підходить для відпочинку зору під час навчання. Чим менше деталей, тим краще. Мінімалістські інтер'єри вимагають простору і великої кількості світла. Мінімалістські інтер'єри вимагають бездоганного почуття міри і стилю, не пробачаючи помилок і поспіху. У таких інтер'єрах все зроблено функціонально, міцно і красиво. Дизайн побудований на тонкій грі

нюансів. Усі приміщення витримані в одному стилі, але при цьому яскраво індивідуальні. Сучасний інтер'єр в стилі мінімалізм можна охарактеризувати як моделювання простору і світла з використанням тільки необхідних предметів. У стилі мінімалізм найважливіше – грамотно спланований простір, в якому багато розсіяного, спокійного світла. В інтер'єрі мало декору, і, як правило, це пара незвичайних «дизайнерських» предметів. У мінімалізмі можна сміливо поєднувати натуральні й ультрасучасні матеріали. Кожна річ займає своє місце і виконує певну функцію.



Рисунок 3.45 – Тривимірна проекція навчального кабінету

### Висновки до розділу 3

У цьому розділі було проведено комплексну роботу, яка охоплювала передпроектну підготовку, аналіз іноземного та вітчизняного досвіду, функціонально-планувальну організацію об'єкту проектування, розробку візуального аналізу інсоляції будівлі, створення візуального коду для конструктиву будівлі, моделювання навколишнього середовища та об'єднання результатів у BIM-модель. Також увага була приділена архітектурно-дизайнерському рішенню інтер'єру.



Передпроектна підготовка забезпечила ґрунтовну основу для подальшого проектування, включаючи збір і аналіз вихідних даних, необхідних для розробки проекту. Аналіз іноземного та вітчизняного досвіду виявив сучасні тенденції та кращі практики, які були враховані при розробці проекту. Функціонально-планувальна організація об'єкту проектування дозволила оптимально розподілити простір, забезпечивши ефективне використання території та комфортні умови для користувачів. Розробка візуального аналізу інсоляції дозволила визначити оптимальні параметри освітлення приміщень, що сприяє енергозбереженню та покращенню умов перебування в будівлі.

Створення візуального коду для конструктиву будівлі та моделювання навколишнього середовища забезпечили точність і деталізацію проекту, дозволяючи візуалізувати кінцевий результат ще на стадії проектування.

Об'єднання результатів у BIM-модель сприяло інтеграції всіх елементів проекту в єдину інформаційну модель, що значно полегшує подальше управління проектом і його реалізацію.

Архітектурно-дизайнерське рішення інтер'єру було спрямоване на створення естетично привабливого та функціонального простору, що відповідає сучасним вимогам та тенденціям.

## 4 ОФОРМЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

### 4.1 Формування альбому креслень

Завдяки збору комп'ютерної моделі у BIM середовищі програмного забезпечення Revit результати роботи було оформлено у набір креслень будівлі центру освіти “Educational Hub” у місті Миколаєві.

Набір креслень включає в себе один презентаційний аркуш (рис. 4.1) формату A0 та 16 аркушів формату A3 які містять стандартний набір креслень.

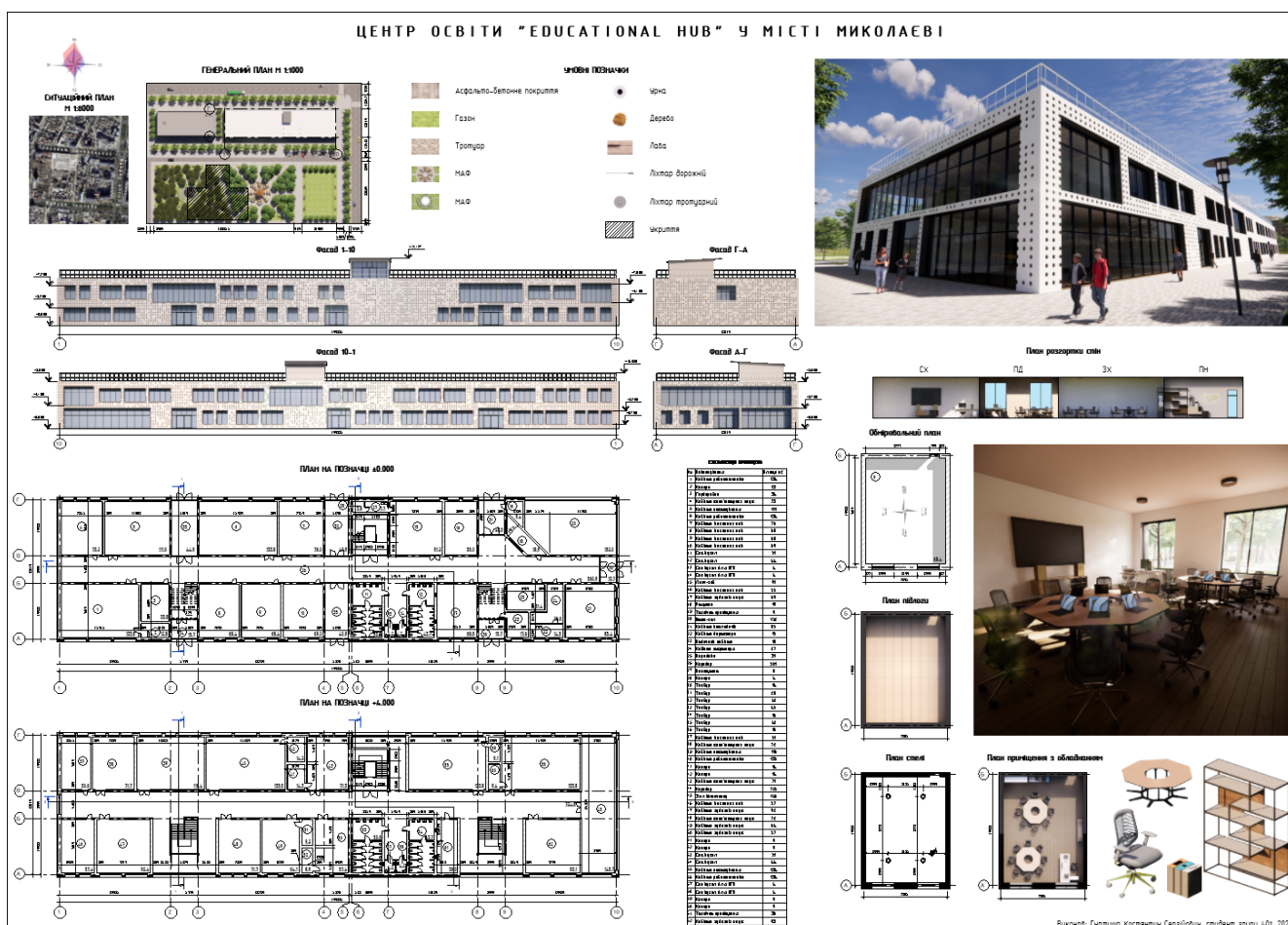


Рисунок 4.1 – Презентаційний аркуш проекту формату A0

Ситуаційний план – креслення, що демонструє розташування об'єкта будівництва відносно навколишньої території та існуючих споруд (рис. 4.2). В нього входить розміщення будівлі на земельній ділянці, межі ділянки, розташування існуючих та запланованих доріг, тротуарів, зелених насаджень та інфраструктури, а також напрямок півночі для орієнтації та масштаб креслення.

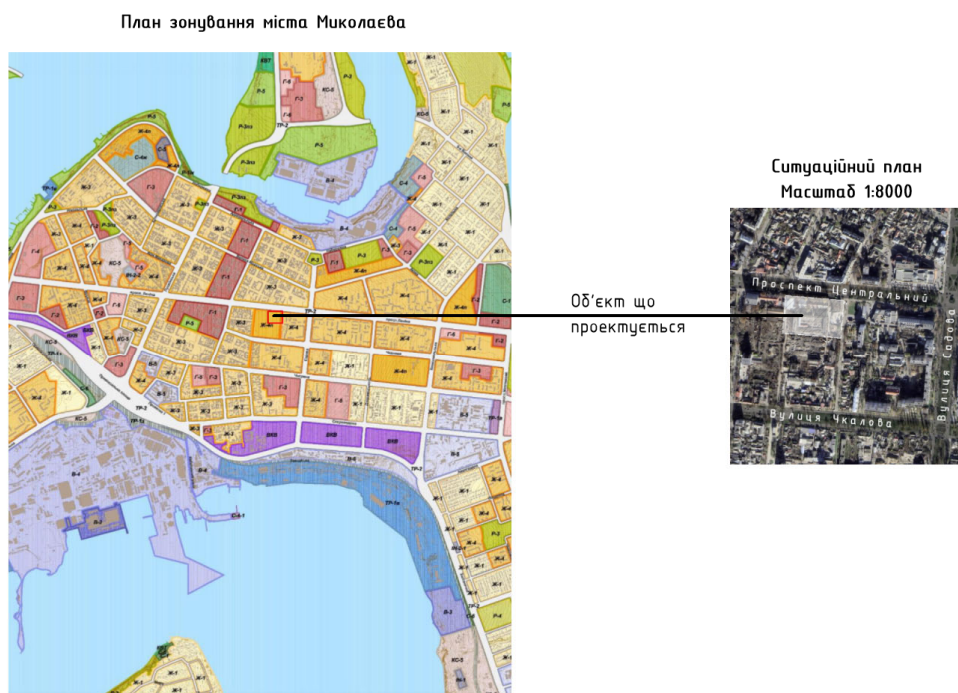


Рисунок 4.2 – Ситуаційний план проєкту

План благоустрою території (рис. 4.3) включає заходи для покращення естетичного вигляду та функціональності земельної ділянки навколо будівлі. Він містить розташування зелених зон (клумби, газони, дерева, кущі), пішохідні доріжки, тротуари, майданчики, місця для відпочинку (лавки, альтанки), освітлення території.



Рисунок 4.3 – План благоустрою проєкту

План підвалу (рис. 4.4) відображає всі технічні приміщення та комунікації, їх розташування та експлікацію.

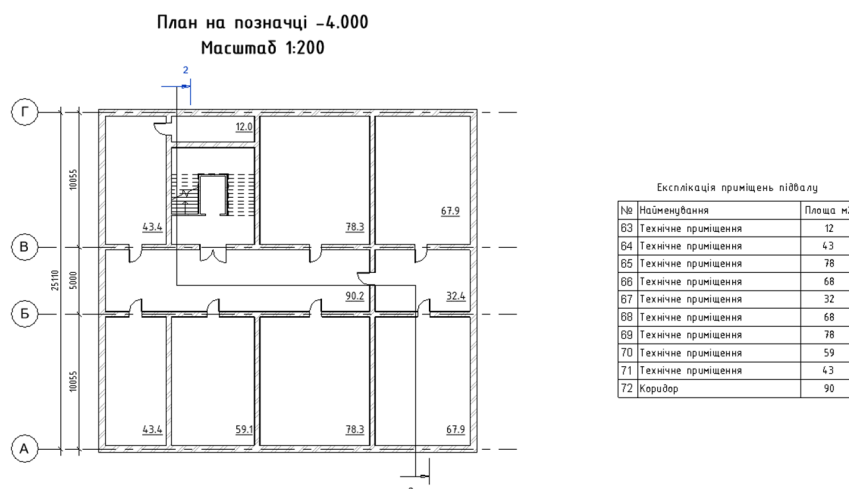


Рисунок 4.4 – План підвального поверху будівлі

Плани першого та другого поверхів (рис. 4.5 – 4.6) демонструють розміщення приміщень у будівлі. Вони відображають внутрішні стіни та перегородки, розташування дверей, вікон, сходів та експлікацію.

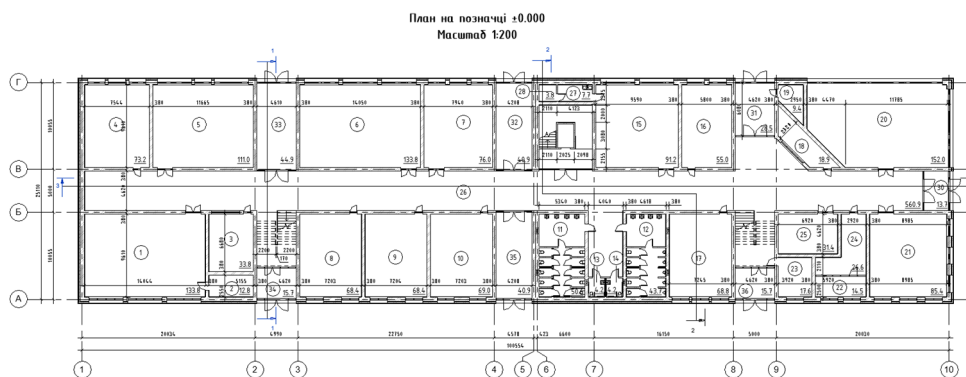


Рисунок 4.5 – План підвального поверху будівлі

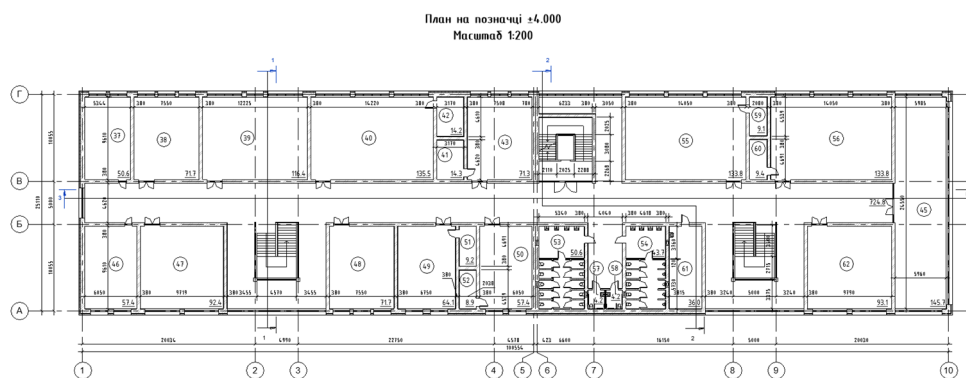


Рисунок 4.6 – План підвального поверху будівлі



План покрівлі – креслення (рис. 4.7), яке показує конструкцію та компоненти покрівлі. Він ключає розташування водостічних труб, вентиляційних шахт, люків та інших елементів. А також ухил покрівлі та напрямок стоку води.

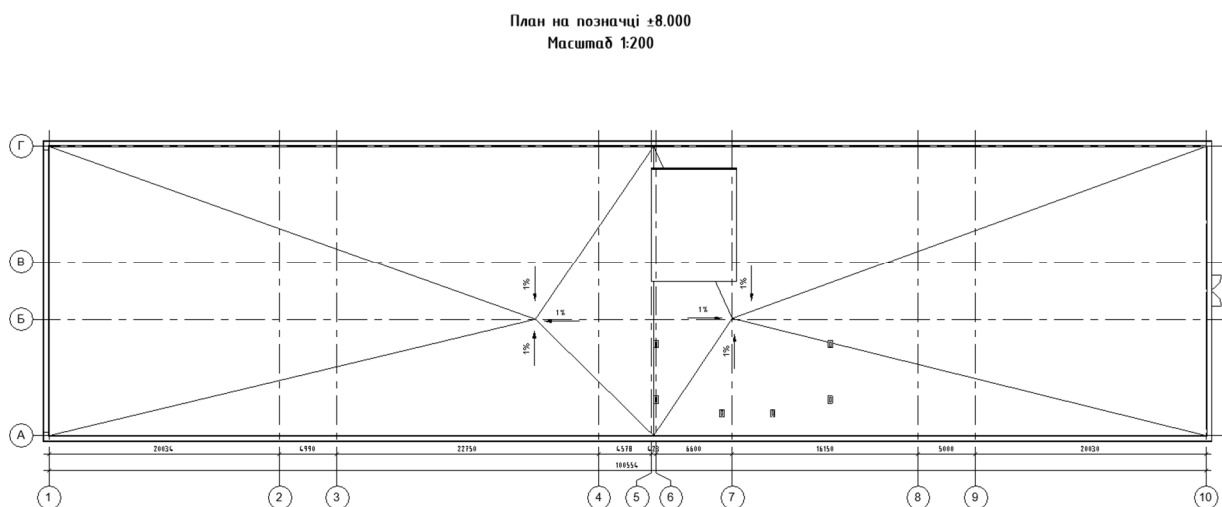


Рисунок 4.7 – План покрівлі будівлі

Креслення фасадів у вісях 1-10, 10-1, А-Г та Г-А (рис. 4.8 – 4.11) представляють вигляд будівлі з південної, північної, західної та східної сторін. Вони відображають висоту будівлі, поверховість, розташування та розміри вікон і дверей, оздоблення фасаду та архітектурні деталі (балкони, карнизи, огороження тощо).

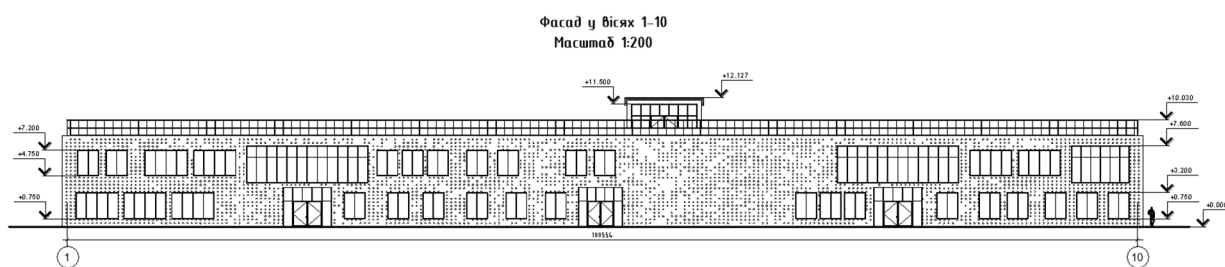


Рисунок 4.8 – Фасад у вісях 1-10

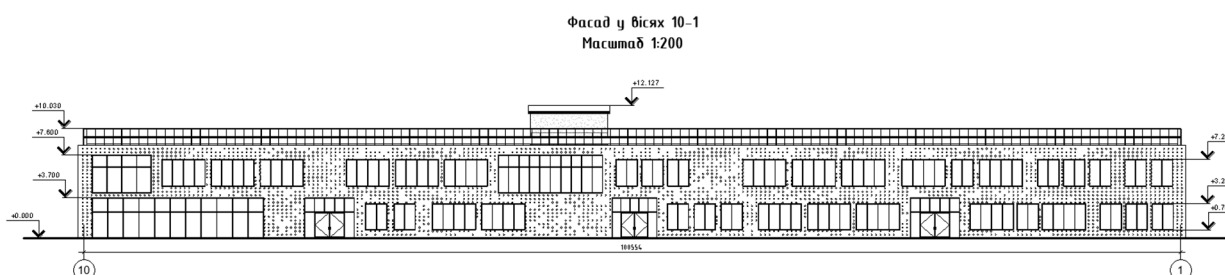


Рисунок 4.9 – Фасад у вісях 10-1

Фасад у вісях А-Г  
Масштаб 1:100

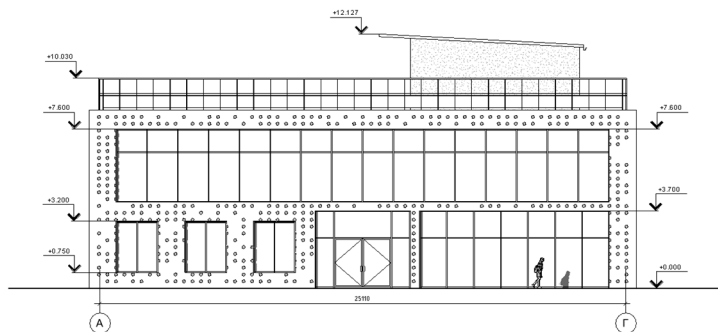


Рисунок 4.10 – Фасад у вісях А-Г

Фасад у вісях Г-А  
Масштаб 1:100

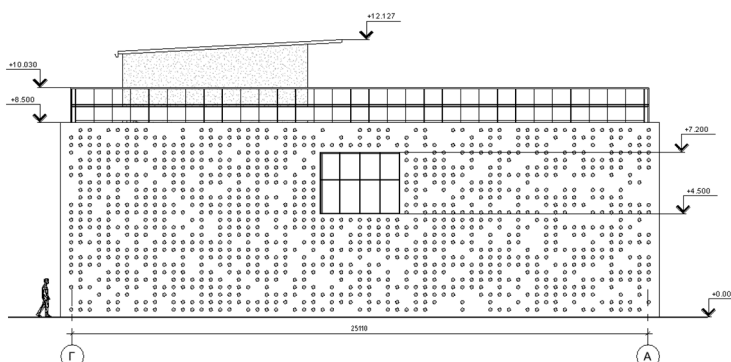


Рисунок 4.11 – Фасад у вісях Г-А

Розріз 1-1 (рис. 4.12) демонструє поперечковий розріз будівлі. Він містить висоту поверхів, товщину перекриттів, внутрішні перегородки та конструктивні елементи, а також розташування сходів.

Розріз 1-1  
Масштаб 1:100

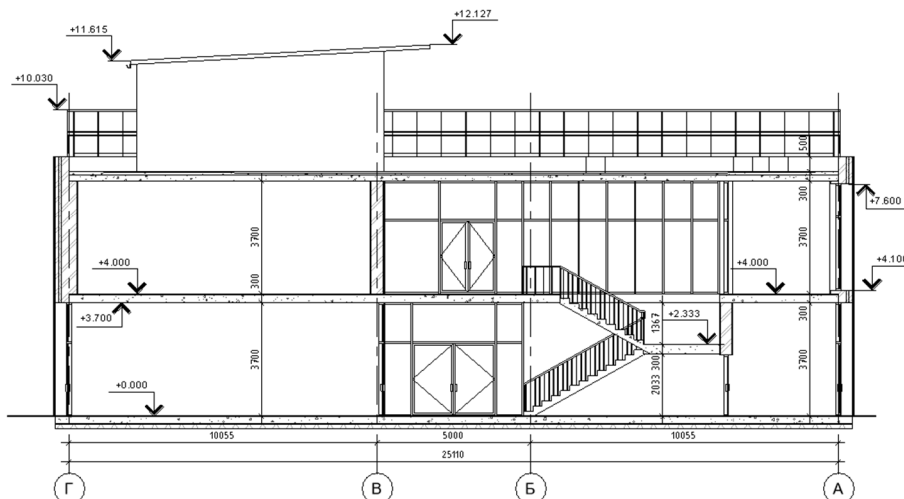


Рисунок 4.12 – Поперечковий розріз будівлі

Розріз 2-2 (рис. 4.13) демонструє попереканий розріз будівлі по головним сходам. Він містить висоту поверхів, товщину перекриттів, внутрішні перегородки та конструктивні елементи, а також розташування сходів та вікон.

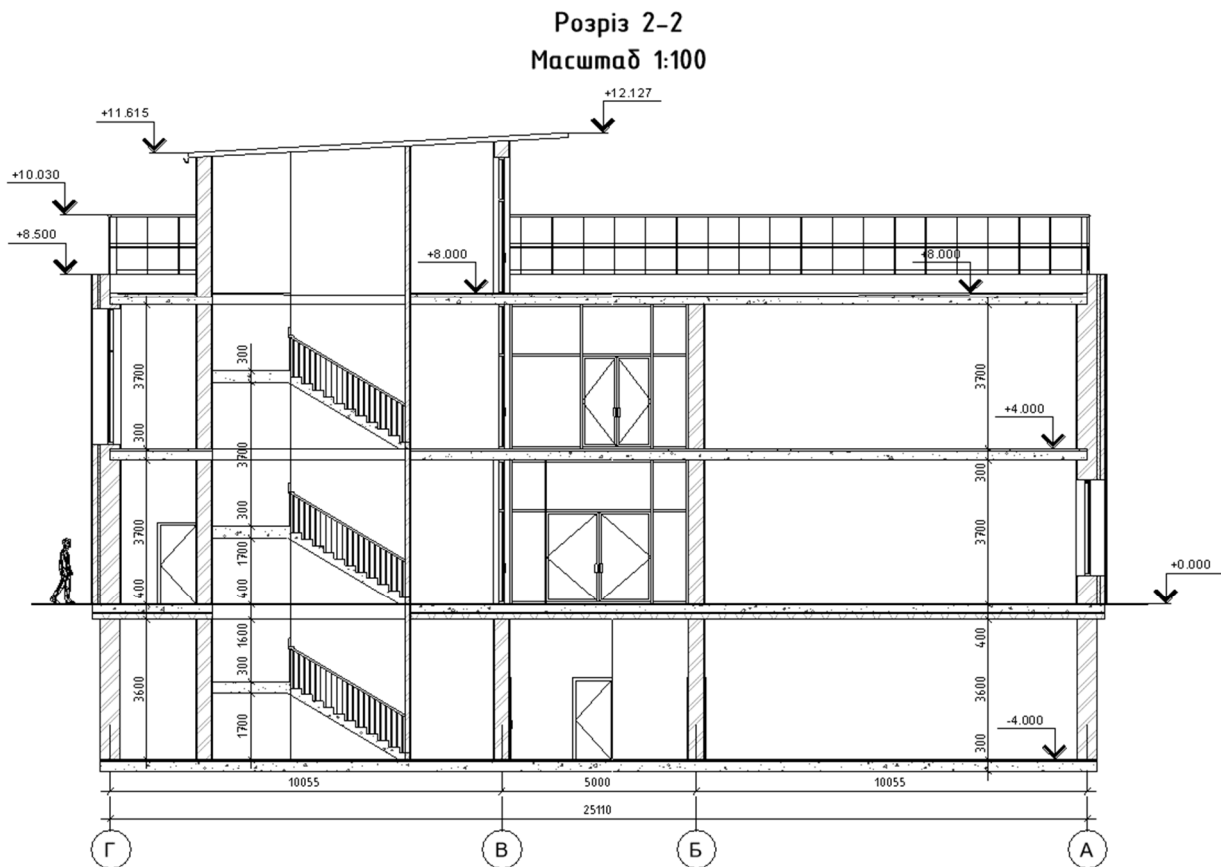


Рисунок 4.13 – Попереканий розріз будівлі по головним сходам

Розріз 3-3 (рис. 4.14) демонструє повздовжній розріз будівлі. Він містить висоту поверхів, товщину перекриттів, внутрішні перегородки та конструктивні елементи, а також розташування сходів, дверей та вікон.

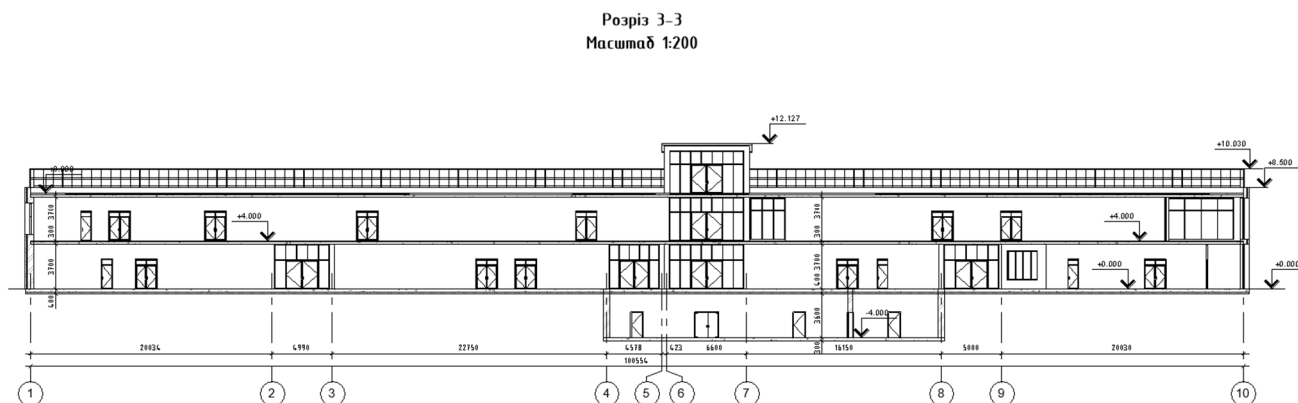


Рисунок 4.14 – Повздовжній розріз будівлі

Обмірювальний план, план обладнання, підлоги та стелі одного з кабінетів для заняття іноземними мовами розташованого на першому поверсі будівлі – це детальні плани (рис. 4.15) приміщення що включають обмірювальний план з точними розмірами приміщення, розташування меблів та обладнання (столи, стільці, дошки), план підлоги з вказівками на матеріали покриття, план стелі з розташуванням освітлювальних приладів та декоративних елементів.

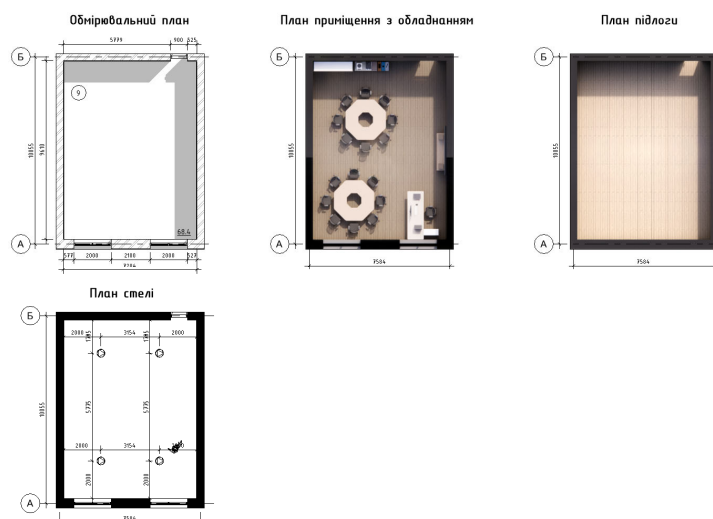


Рисунок 4.15 – Детальні плани кабінету для занять іноземними мовами

План розгортки стін кабінету та орієнтовне зображення меблів що пропонуються. Це креслення (рис. 4.16) включає всі стіни кабінету з вказівкою на розташування меблів, декору та обладнання, візуалізацію меблів, демонстрацію матеріалів та кольорових рішень.

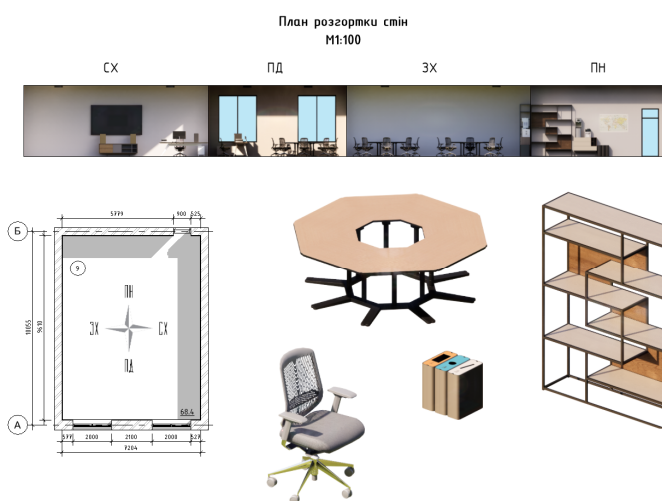


Рисунок 4.16 – Детальні плани кабінету для занять іноземними мовами



Тривимірна проекція інтер'єру кабінету (рис. 4.17) – це візуалізація приміщення яка відображає просторове зображення приміщення, розміщення меблів, обладнання, декору, а також матеріали та освітлення.

Тривимірна проекція



Рисунок 4.17 – Тривимірна проекція інтер'єру кабінету

Кожне з цих креслень важливе для реалізації проекту. Вони допомагають уявити, як будівля інтегрується в навколишнє середовище та які заходи благоустрою плануються, забезпечують детальне розуміння розташування приміщень, комунікацій та конструктивних елементів будівлі, показують зовнішній вигляд будівлі з усіх сторін, що важливо для естетичної оцінки та планування оздоблення, дають уявлення про внутрішню структуру будівлі, конструктивні елементи та висоту приміщень.

Деталізовані плани окремих приміщень забезпечують точність розміщення меблів та обладнання, що важливо для функціональності та комфорту приміщень. Розгортка стін та тривимірна проекція допомагають візуалізувати кінцевий вигляд приміщення, що важливо для прийняття дизайнерських рішень.

Альбом креслень оформлено згідно з ДСТУ 9243.7:2023 «Система проектної документації для будівництва. Правила виконання архітектурно-будівельних робочих креслень» та наведено в додатку А.

## 4.2 Комп'ютерна візуалізація

Для представлення завершеного проєкту будівлі була виконана комп'ютерна візуалізація усіх фасадів (рис. 4.18), тривимірної проекції екстер'єру (рис. 4.19) та одного з приміщень першого поверху призначеного для навчання іноземним мовам (рис. 4.20).



Рисунок 4.18 – Ортогональні проекції фасадів будівлі



Рисунок 4.19 – Тривимірна проекція екстер'єру будівлі





Рисунок 4.20 – Тривимірна проекція інтер'єру кабінету на першому поверсі

Цей етап роботи був виконаний за допомогою Enscape – плагіну для рендерингу в реальному часі, інтегрованому у програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання Revit. Він забезпечує високоякісну візуалізацію за лічені секунди завдяки роботі на базі графічного процесору комп'ютера.

#### **Висновки до розділу 4**

У цьому розділі розглянуто процеси створення та представлення проектної документації, зокрема формування альбому креслень та комп'ютерної візуалізації. Кожен з підрозділів висвітлює важливі аспекти кінцевого етапу проектування, де

результати роботи набувають конкретної форми, придатної для подальшого використання та демонстрації, наприклад, замовнику.

Формування альбому креслень є ключовим етапом у процесі проектування, який забезпечує повне та структуроване уявлення про архітектурний об'єкт. Використання програмного забезпечення Revit та технології інформаційного моделювання будівель (BIM) дозволяє швидко створити детальні та точні креслення, що включають всі необхідні види, плани, розрізи та фасади. Це забезпечує не тільки високу точність та узгодженість документації, але й сприяє інтеграції різних аспектів проекту, таких як архітектура, інженерні системи та будівельні технології.

Завдяки можливостям Revit, проектувальники можуть автоматично генерувати та оновлювати креслення у відповідності до змін у проекті, що зменшує ймовірність помилок та підвищує ефективність роботи. BIM-технології, в свою чергу, забезпечують спільну роботу всіх учасників проекту, полегшуючи координацію та комунікацію між архітекторами, інженерами та підрядниками.

Комп'ютерна візуалізація також є важливою складовою сучасного проектування, яка дозволяє створювати реалістичні зображення та анімації майбутніх об'єктів. Використання Revit у поєднанні з плагіном Enscape забезпечує якісну візуалізацію проектів, що дає змогу проектувальникам та, наприклад, замовникам краще уявити кінцевий результат.

Enscape інтегрується з Revit, дозволяючи в режимі реального часу створювати 3D-візуалізації, які відображають найдрібніші деталі проекту, включаючи матеріали, освітлення та текстури. Це надає можливість виявляти та виправляти потенційні проблеми на ранніх стадіях проектування, а також представляти проект замовникам у зрозумілій та привабливій формі.

Завдяки комп'ютерній візуалізації, проектувальники можуть експериментувати з різними дизайнерськими рішеннями та матеріалами, швидко оцінюючи їх вплив на загальний вигляд будівлі. Це сприяє прийняттю більш обґрунтованих рішень та підвищує загальну якість проекту.



## ВИСНОВКИ

У роботі розглянуто важливість та переваги використання комп'ютерного моделювання у сфері архітектурного та будівельного проєктування, зокрема за допомогою візуального програмування. Візуальне програмування надає значні переваги над традиційними методами комп'ютерного моделювання, включаючи інтуїтивність, швидкість, гнучкість, автоматизацію рутинних завдань, інтерактивність, інтеграцію з іншими інструментами, розширюваність та підтримку спільноти. Ці переваги роблять візуальне програмування потужним інструментом для сучасних архітекторів та інженерів.

Сучасні інструменти візуального програмування, такі як Grasshopper, надають широкі можливості для створення складних параметричних моделей, що значно спрощує і покращує процес проєктування. Вони мають свої унікальні особливості та переваги. Grasshopper був обраний як оптимальний інструмент для комп'ютерного моделювання споруд завдяки своїм перевагам - інтуїтивності, гнучкості та широкій функціональності, а також тісній інтеграції з програмним забезпеченням для комп'ютерного моделювання.

Проведено детальний аналіз використання програми Revit для створення архітектурних проєктів. Використання технології BIM (Building Information Modeling) дозволило отримати точні та детальні креслення, що включають всі необхідні види, плани, розрізи та фасади, забезпечуючи високу точність та узгодженість документації.

Використання плагіну Enscape для Revit дозволило створити високоякісні візуалізації проєкту. Завдяки комп'ютерній візуалізації проєктувальники можуть експериментувати з різними дизайнерськими рішеннями та матеріалами, швидко оцінюючи їх вплив на загальний вигляд будівлі. Це підвищує загальну якість проєкту та сприяє прийняттю більш обґрунтованих рішень.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. McNeel Wiki. <https://wiki.mcneel.com/labs/explicithistory/home> (дата звернення: 21.05.2024).
2. Algorithmic Architecture. New York : Taylor & Francis Group, 2006. 176 с.
3. Rhino.Inside.Revit. Rhino - Rhinoceros 3D. URL: <https://www.rhino3d.com/inside/revit/1.0/> (дата звернення: 20.05.2024).
4. Davidson S. Grasshopper - algorithmic modeling for Rhino. URL: <https://www.grasshopper3d.com/> (дата звернення: 19.05.2024).
5. Rhinoceros 3D. URL: <https://www.rhino3d.com/> (дата звернення: 17.05.2024).
6. Autodesk Revit. URL: <https://www.autodesk.com/products/revit/overview> (дата звернення: 19.05.2024).
7. ARCHICAD 24. GRAPHISOFT Center Ukraine. URL: <https://graphisoft.com.ua/uk/produkty/archicad-24/> (дата звернення: 18.05.2024).
8. Dynamo BIM. URL: <https://dynamobim.org/> (дата звернення: 22.05.2024).
9. Blender. URL: <https://www.blender.org/features/> (дата звернення: 17.05.2024).
10. BIG unveils twisted skyscraper designed "in the tradition of Flatiron". *Dezeen*. URL: <https://www.dezeen.com/2022/11/14/vancouver-house-skyscraper-big-canada/> (дата звернення: 30.05.2024).
11. Lucas. BIG Vancouver house GRASSHOPPER, 2023. *YouTube*. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=TvaZQQcGGg4> (дата звернення: 29.05.2024).
12. Cano P. BIG Releases First Photographs of The Vancouver House and Telus Sky in Canada. *ArchDaily*. URL: <https://www.archdaily.com/991864/big-releases-first-photographs-of-the-vancouver-house-and-telus-sky-in-canada> (дата звернення: 03.06.2024).
13. Hernández D. Heydar Aliyev Center / Zaha Hadid Architects. *ArchDaily*. URL: <https://www.archdaily.com/448774/heydar-aliyev-center-zaha-hadid-architects> (дата звернення: 06.06.2024).

14. Heydar Aliyev Cultural Center - Data, Photos & Plans - WikiArquitectura. *WikiArquitectura*.

URL: <https://en.wikiarquitectura.com/building/heydar-aliyev-cultural-center/> (дата звернення: 07.06.2024).

15. González M. F. Morpheus Hotel / Zaha Hadid Architects. *ArchDaily*. URL: <https://www.archdaily.com/896433/morpheus-hotel-zaha-hadid-architects> (дата звернення: 04.06.2024).

16. Wortmann T. Differentiating parametric design: Digital workflows in contemporary architecture and construction. *ResearchGate*. URL: [https://www.researchgate.net/publication/317639017\\_Differentiating\\_parametric\\_design\\_Digital\\_workflows\\_in\\_contemporary\\_architecture\\_and\\_construction](https://www.researchgate.net/publication/317639017_Differentiating_parametric_design_Digital_workflows_in_contemporary_architecture_and_construction) (дата звернення: 08.06.2024).

17. Fracalossi I. The Broad Museum / Diller Scofidio + Renfro. *ArchDaily*. URL: <https://www.archdaily.com/772778/the-broad-diller-scofidio-plus-renfro> (дата звернення: 06.06.2024).

18. Parametric Facade of Broad Museum. *IAAC Blog*. URL: [https://www.iaacblog.com/programs/a1\\_broad\\_parametricfacade/](https://www.iaacblog.com/programs/a1_broad_parametricfacade/) (дата звернення: 09.06.2024).


19. Cardenas D. The University of Queensland Oral Health Centre / Cox Rayner Architects + Hames Sharley. *ArchDaily*. URL: [https://www.archdaily.com/787688/the-university-of-queensland-oral-health-centre-cox-rayner-architects-plus-hames-sharley?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab](https://www.archdaily.com/787688/the-university-of-queensland-oral-health-centre-cox-rayner-architects-plus-hames-sharley?ad_source=search&ad_medium=projects_tab) (дата звернення: 30.05.2024).

20. Aguilar C. International Youth Center in Oberschleißheim / ATELIER 30. *ArchDaily*. URL: [https://www.archdaily.com/461575/international-youth-center-in-oberschleissheim-atelier-30?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab](https://www.archdaily.com/461575/international-youth-center-in-oberschleissheim-atelier-30?ad_source=search&ad_medium=projects_tab) (дата звернення: 12.06.2024).

21. ClimateStudio – Solemma. *Solemma*. URL: <https://www.solemma.com/climatestudio> (дата звернення: 01.06.2024).

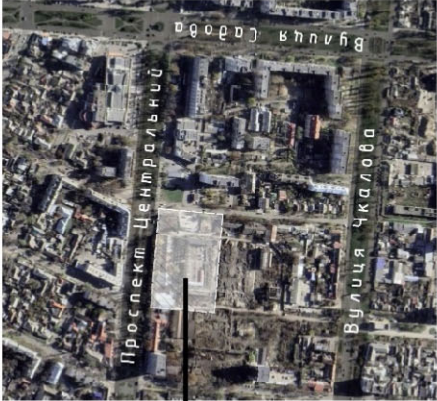
## ДОДАТОК А Альбом креслень

**План зонування міста Миколаєва**



**Об'єкт що проектується**

**Ситуаційний план**  
**Масштаб 1:8000**



**Центр освіти "Educational Hub" у місті Миколаєві**

Зм.	Кільк.	Арх.	№ Дік.	Піліс	Діста
Високаєв Керівник	Гнатюша К. С.	Байко А. П.			
<b>Альбом креслень</b>			1	16	Архив
<b>Загальні дані</b>			ФКН 401		



