

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І
АРХІТЕКТУРИ**

Факультет геоінформаційних систем і управління територіями
Кафедра геоінформатики і фотограмметрії

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)
освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавра

на тему:

**«Застосування лазерного знімання для реконструкції об'єктів
культурної спадщини»**

Виконала: студентка IV курсу, групи ГСТ-20
За напрямком підготовки
193 «Геодезія та землеустрій»
Рафальська К.Б.

Керівник :
к.т.н. Горковчук Ю.В

КИЇВ – 2024р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет: Геоінформаційних систем та управління територіями
Кафедра: геоінформатики і фотограмметрії
Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр
Напрямок підготовки: 19 «Архітектура та будівництво»
Спеціальність: 193 «Геодезія та землеустрій»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри проф. Карпінський
Ю.О.

(підпис)

«22» лютого 2024 року

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Рафальська Катерина Богданівна

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1.Тема проекту (роботи): Застосування лазерного сканування для реконструкції об'єктів культурної спадщини

Керівник проекту (роботи):

к.т.н. Горковчук Ю.В.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “25” квітня 2024 року №712/3

2.Строк подання студентом проекту (роботи) 24.05.2024

3.Вихідні дані до проекту (роботи) зшита хмара точок , відсканована за допомогою лазерного сканера.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ.

1. РОЗДІЛ 1. РЕКОНСТРУКЦІЯ ОБ'ЄКТУ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ.

1.1 Поняття об'єкту культурної спадщини (ОКС).

1.2 Реконструкція ОКС.

1.3 Етап технічного обстеження та документації.

1.4 Сучасні підходи до технічного обстеження ОКС.

Висновки до розділу 1.

2. РОЗДІЛ 2. РЕКОНСТРУКЦІЯ ОКС ЗА ДАНИМИ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ.

2.1 Оброблення даних лазерного сканування для реконструкції ОКС.

2.2 Вимоги до виконавчих креслень для реконструкції ОКС.

Висновки до розділу 2.

3. РОЗДІЛ 3. СТВОРЕННЯ ТА АНАЛІЗ 2D КРЕСЛЕННЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ОКС.

3.1 Опис ОКС.

3.2 Побудова 2D креслення в програмному середовищі AutoCAD.

3.3 Дослідження дрібних елементів споруди.

Висновки до розділу 3.

4. ВИСНОВКИ.

5. СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.

6. ДОДАТКИ.

7. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) фасади East, фасади West, фасади South, фасади North.

8. Консультанти розділів проекту (роботи)

Номер розділу	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	к.т.н. Горковчук Ю.В		
Розділ 2	к.т.н. Горковчук Ю.В		
Розділ 3	к.т.н. Горковчук Ю.В		

9. Дата видачі завдання 20.02.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	ВСТУП	21.02.2024	
2.	РОЗДІЛ 1. РЕКОНСТРУКЦІЯ ОБ'ЄКТУ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ.	19.03.2024	
3.	РОЗДІЛ 2.РЕКОНСТРУКЦІЯ ОКС ЗА ДАНИМИ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ.	16.04.2024	
4.	РОЗДІЛ 3. СТВОРЕННЯ ТА АНАЛІЗ 2D КРЕСЛЕННЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ОКС.	13.05.2024	
5.	Висновки.	16.05.2024	
6.	Розробка графічного матеріалу.	18.05.2024	
7.	Оформлення пояснювальної записки.	19.05.2024	
8.	Подача проекту на попередній захист та рецензування.	20.05.2024	

Студент: Рафальська К.Б.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник проекту (роботи): Горковчук Ю.В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. РЕКОНСТРУКЦІЯ ОБ'ЄКТУ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ	Помилка! Закладку не визначено.
1.1 Поняття об'єкту культурної спадщини (ОКС).....	8
1.2 Реконструкція ОКС	10
1.2.1 Етап технічного обстеження та документації	13
1.3 Сучасні підходи до технічного обстеження ОКС	16
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1	26
РОЗДІЛ 2. РЕКОНСТРУКЦІЯ ОКС ЗА ДАНИМИ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ	27
2.1 Оброблення даних лазерного сканування для реконструкції ОКС28	
2.2 Вимоги до виконавчих креслень для реконструкції ОКС	36
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2	45
РОЗДІЛ 3. СТВОРЕННЯ ТА АНАЛІЗ 2D КРЕСЛЕННЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ОКС.....	46
3.1 Опис ОКС.....	47
3.2 Побудова 2D креслення в програмному середовищі AutoCAD .	50
3.3 Дослідження дрібних елементів споруди	67
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3	72
ВИСНОВКИ.....	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	74
ДОДАТКИ.....	76
ГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ	82

ВСТУП

Збереження та дослідження культурної спадщини – це ключова складова нашого культурного досвіду та ідентичності. У світі, що постійно змінюється, важливо мати засоби для збереження історичних об'єктів у їхньому найточнішому вигляді. Лазерне сканування відкриває двері до нового етапу в цьому процесі. З його допомогою ми можемо не лише документувати об'єкти культурної спадщини, а й відтворювати їх у тривимірному форматі з найвищою точністю. Від археологічних розкопок до архітектурних шедеврів, лазерне сканування стає невід'ємною частиною нашої здатності зберігати та вивчати нашу спільну історію та культурну спадщину.

Лазерне сканування, як сучасний метод документування об'єктів культурної спадщини, дозволяє отримати докладні, тривимірні моделі будівель, скульптур, артефактів та інших історичних об'єктів з високою точністю. Цей процес полягає в тому, що лазерний промінь сканує поверхню об'єкта, вимірюючи відстані до його точок, і в результаті створюється точна тривимірна модель.

Переваги використання лазерного сканування для реконструкції об'єктів культурної спадщини неперевершені. Цей метод дозволяє здійснювати неінвазивне дослідження об'єктів без пошкодження їх структури, забезпечує максимально точне відображення деталей та геометрії, а також дозволяє зберігати цінну інформацію про об'єкт у цифровому форматі для подальшого використання та аналізу.

Крім того, за допомогою лазерного сканування можна проводити віртуальні екскурсії, відтворюючи об'єкти культурної спадщини у віртуальному середовищі і дозволяючи глядачам досліджувати їх з будь-якого куточка світу.

РОЗДІЛ 1. РЕКОНСТРУКЦІЯ ОБ'ЄКТУ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ

1.1 Поняття об'єкту культурної спадщини (ОКС)



Рис 1.1 Класифікація об'єктів культурної спадщини.

1.1.1 Визначення термінів:

Культурна спадщина - сукупність об'єктів, успадкованих людством від попередніх поколінь, які мають значення з археологічного, естетичного, етнологічного, історичного, архітектурного, мистецького, наукового чи художнього погляду і зберегли свою автентичність.

Об'єкт культурної спадщини - визначне місце, споруда (витвір), комплекс (ансамбль), їхні частини, рухомі предмети, території чи водні об'єкти, незалежно від стану збереженості, які мають культурне значення з різних аспектів та зберегли свою автентичність.

Нерухомий об'єкт культурної спадщини - об'єкт культурної спадщини, який не може бути перенесений на інше місце без втрати його цінності та автентичності з археологічного, естетичного, етнологічного, історичного, архітектурного, мистецького, наукового чи художнього погляду. [1]

1.1.2 Класифікація об'єктів культурної спадщини:

За типами об'єкти культурної спадщини поділяються на:

- *Споруди (витвори)* – твори архітектури, інженерного мистецтва, монументальної скульптури та монументального малярства, археологічні об'єкти, а також печери з артефактами та свідченнями про життя людини. Вони включають будівлі та приміщення, які зберегли автентичні свідчення про визначні історичні події, життя та діяльність відомих осіб.
- *Комплекси (ансамблі)* - сукупності об'єктів культурної спадщини, які визначені топографічно та можуть складатися з окремих або поєднаних між собою елементів, таких як будівлі, пам'ятники, пейзажні елементи тощо.
- *Визначні місця* - зони або ландшафти, які мають значення з різних аспектів, таких як археологічний, естетичний, етнологічний, історичний, архітектурний, мистецький, науковий чи художній. Ці місця можуть включати природні та антропогенні елементи, які зберегли свою цінність та автентичність до нашого часу. [1]

За видами об'єкти культурної спадщини поділяються на:

- *Археологічні* - включають городища, кургани, залишки поселень, стоянки, укріплення, виробництва, іригаційні споруди, шляхи, могильники, культові споруди, мегаліти, печери, наскельні зображення, ділянки історичного культурного шару та поля давніх битв.
- *Історичні* - включають будівлі, споруди, комплекси, окремі поховання та некрополі, місця масових поховань та загибелі військовослужбовців, місця бойових дій, місця загибелі бойових кораблів та суден, а також визначні місця, пов'язані з важливими історичними подіями та відомими особами.
- *Об'єкти монументального мистецтва* - включають твори образотворчого мистецтва, як самостійні або пов'язані з архітектурними чи археологічними пам'ятками.
- *Об'єкти архітектури* - окремі будівлі, архітектурні споруди, що збереглися в автентичному стані та характеризуються певною культурою, епохою, стилем або будівельною технологією.
- *Об'єкти містобудування* - включають історично сформовані центри населених місць, вулиці, квартали, площі та комплекси з збереженою планувальною та просторовою структурою.
- *Об'єкти садово-паркового мистецтва* - поєднання паркового будівництва з природними або створеними людиною ландшафтами.
- *Ландшафтні* - природні території.
- *Об'єкти науки і техніки* - промислові, виробничі, науково-виробничі, інженерні та інженерно-транспортні об'єкти. [1]

1.2 Реконструкція ОКС

Реконструкція - перебудова введеного в експлуатацію в установленому порядку об'єкту будівництва, яка передбачає зміну його геометричних розмірів

та/або функціонального призначення, основних техніко-економічних показників. (Згідно ДБН) [2]

1.2.1 Мета, завдання та проблематика реконструкції ОКС:

Реконструкція передбачає застосування низки заходів та методів, які спрямовуватимуться на фізичне збереження пам'яток, для підтримки їх у належному технічному й експозиційному стані, що забезпечать сприятливі умови їх використання. Це сукупність науково-технічних заходів, що дають змогу забезпечити відновлення історичного вигляду пам'ятки, а також збереження шляхом знімання дисгармонійних нашарувань і відтворення втрачених або пошкоджених елементів, передбачає поліпшення технічного стану і експлуатаційних характеристик пам'яток без змін наразі існуючого архітектурного вигляду, укріплення і відновлення зруйнованих, пошкоджених пам'яток, а також їх перенесення для збереження історико-художньої цінності. [3]

1.2.2 Реконструкція включає в себе проведення таких видів робіт:

- фрагментарна (часткове відтворення);
- цілісна (повне відтворення).

Консервацією пам'яток є збереження пам'яток в такому вигляді, в якому вони були збережені до наших часів, а також включає проведення наступного ряду робіт:

- виконання тимчасових заходів, що передбачають першочергові протиаварійні роботи;
- низка заходів, що спрямовані на збереження архітектурно-художніх елементів пам'ятки;
- гідрогеологічні роботи, що передбачають створення належних умов, які забезпечать збереження пам'ятки. [4]

1.2.3 Проблематика

Основною з головних проблем реконструкції є відновлення в первинному вигляді зруйнованих, або частково зруйнованих об'єктів.

Роботи з реконструкції та реставрації подібних об'єктів є одними з найскладніших у сучасній практиці. Вони мають за мету відтворити об'єкт на основі археологічних даних, архівних джерел та дослідження аналогів для максимально точного відтворення автентичного характеру пам'ятки, уникнення перетворення її на звичайний "ремонт". Проблемою реставрації є забезпечення сумісності та взаємодії нових будівельних матеріалів, конструкцій і технологій з автентичними. Тому під час технологічного обстеження пам'ятки проводиться докладне дослідження будівельних матеріалів, конструкцій, живопису та предметів інтер'єру, а також лабораторні аналізи для визначення хімічного і петрографічного складу матеріалів, стратиграфічного аналізу фарбувань та вологості у кладці. Натурні обстеження і лабораторні дослідження є основою для розробки технології проведення робіт і вибору матеріалів, які найбільш сумісні з оригінальними матеріалами пам'ятки. Таким чином, розробляються методики вирішення проблем, що виникають під час реставрації та експлуатації пам'яток. [6]

Насамперед це такі проблеми:

- Втрата несучої здатності фундаментів.
- Збереження залишків стародавнього мурування у археологічних розкопках.
- Погіршений стан стін.
- Відновлення пошкоджених чи зруйнованих дерев'яних елементів та конструкцій.
- Консервація металевих покрівель і дахів, а також відновлення позолоти вершин.
- Проблеми, пов'язані з відновленням декоративного оздоблення. [6]

1.2.1 Етап технічного обстеження та документації

Для початку розглянемо загальну схему проекту реконструкції:



Рис. 1.2 Етапи проекту реконструкції.

1.2.1.1 Проект реконструкції складається з таких етапів:

1. Передпроектна стадія. На першому етапі виконується наступний комплекс підготовчих робіт: розглядається специфіка об'єкта, проводиться оцінка технічної можливості виконання реконструкційних заходів, узгоджується спектр робіт, визначається економічна доцільність їх проведення.
2. Обстеження об'єкта. Цей етап включає обмірювальні роботи, за допомогою яких складається повна характеристика стану несучих конструкцій, даху а також покрівельного покриття. Обстеження має першочергове значення для успіху у виконанні майбутніх робіт, адже якщо не врахувати поточний стан фундаменту та стін, це може призвести до поганих наслідків. [7]

3. Підготовка технічного завдання. На цьому етапі замовник разом із архітектором використовують технічне завдання для підготовки проектної документації.
4. Розробка ескізного проекту. Розробка ескізного проекту включає підготовку таких матеріалів як креслення та плани, що несуть в собі інформацію про площу кожного з приміщень, а також розміри. Ескізний проект визначає розташування об'єкту, його архітектурну концепцію, загальну схему інженерних мереж та конструкції, об'ємно-просторові рішення, внутрішнє планування та інші важливі параметри.
5. Архітектурне планування. На даному етапі архітектор виконує розробку об'ємно-просторових та архітектурно-планувальних рішень, з визначенням точних розмірів таких частин будівлі: підлога, стіни, двері, вікна, перегородки, сходи, покрівля та ін., для подальшої реконструкції об'єкту.
6. Виконання ремонтних робіт. Цей етап включає виконання безпосередньо таких робіт: знесення старих конструкцій, укріплення несучих стін та фундаменту, добудова додаткових поверхів чи кімнат, перепланування, відтворення первісного архітектурного стилю, переобладнання горища та мансарди, реконструкція фасаду об'єкту, ремонт тріщин, заміна утеплюючих матеріалів, облаштування снігоутримувачів і водостоків. [7]
7. Завершальна стадія. На останньому етапі виконання реконструкційних робіт прибирається будівельні відходи, вивозяться непотрібні матеріали, а також перевіряються інженерні системи. [7]

1.2.1.2 Технічне обстеження об'єктів:

З вище перерахованих етапів, зосередимось на технічному обстеженні об'єкта, що включає в себе:



Рис 1.3 Технічне обстеження об'єкту культурної спадщини.

1. Складання програми обстеження.

При підготовці на підставі ТЗ складається програма робіт. У ній вкажемо мету обстеження, поставимо завдання, перерахуємо, які конструкції будемо обстежувати, де будуть проходити вимірювання і випробування, які методи будуть використовуватись, де саме будуть розкриватися конструкції, та інші відомості. [8]

2. Візуальне виявлення дефектів з фотографуванням.

Головна частина попередньої стадії обстеження - візуальний огляд. Для того щоб зафіксувати виявлені недоліки використовують фото або відеокамеру. Для подальшої оцінки стану об'єкту виявлені порушення задокументовують у вигляді начерків, креслень та інших замальовок.

3. Інструментальне обстеження із застосуванням вимірювальних інструментів і приладів.

В залежності від стану об'єкту, інструментальне обстеження виконується повне або часткове (окремих частин).

4. Обробка результатів обстеження.

Яка саме технічна документація буде складатися, залежатиме від результатів оглядів. Результати досліджень входять до завершальної стадії обстеження.

5. Складання висновку про технічний стан об'єкта.

В результаті обстеження експерти складають висновки про технічний стан об'єкту, а також формується звіт, де наводяться факти з документації та отримані при вивченні об'єкту відомості. [8]

1.3 Сучасні підходи до технічного обстеження ОКС

Технічне обстеження об'єктів культурної спадщини включає застосування методів та способів контролю, встановлюється якість будівельних матеріалів, робіт, конструкцій, допустимих відхилень від проектних даних, придатність експлуатації та несуча здатність об'єкту.

Основною метою обстеження об'єкту є визначення відповідності між його реальним технічним станом, фактичною несучою здатністю, експлуатаційною придатністю та розрахунковими схемами, архітектурно-будівельними та іншими нормативними вимогами сучасної експлуатації.

Для обстеження об'єкту культурної спадщини розглянемо декілька методів:

1.3.1 Застосування БПЛА

БПЛА (Безпілотний літальний апарат – це повітряне судно, яке призначене для здійснення польоту без фізичної присутності пілота на його борту. Він може виконувати зліт, безпосередньо сам політ та посадку самостійно, без прямої участі людини. За допомогою заздалегіть встановлених програм, вони можуть

бути керованими віддалено з землі під дистанційним керуванням оператора або автономно. [9]

Безпілотні літальні апарати (БПЛА), що можуть здійснювати вертикальний зліт і посадку у обмеженому просторі, зависаючи над різними об'єктами, дають змогу вирішувати завдання контролю, виконують функцію обстеження та спостереження. Такі апарати мають можливості прямого спостереження і розвідки, вони маневрені, швидко обробляють інформацію, швидко переміщуються і не залежать від характеру поверхні, по якій рухаються (на відміну від мобільних роботів на гусеничній платформі). Наведені якості дозволяють використовувати їх у складних і небезпечних середовищах, де участь людини є неприпустимою. [10]

Насамперед виконуються підготовчі роботи, а саме :

- Визначення ділянки, яку потрібно дослідити або об'єкт в цілому
- Вибір БПЛА з відповідними характеристиками відносно поставленої задачі (це можуть бути камери, теплові сенсори, лазерні сканери)
- Визначення оптимального маршруту для обстеження всієї будівлі

Види обстеження:

- Візуальний огляд з фото/відео фіксацією
- Лазерне сканування, за допомогою якого деякі високоточні БПЛА можуть створювати точні 3D-моделі. [11]
- Теплова зйомка (за можливості) виявляє теплові аномалії, наприклад пошкоджені ізоляції. [11]

Для проведення детальної зйомки об'єктів культурної спадщини частіше використовують моделі БПЛА з високоякісними камерами та роздільною здатністю 4К, довгим часом польоту, а також стійкістю до вітру.

Популярні моделі:

- DJI Mavic 2 Pro

- Parrot Anafi
- Autel Robotics Evo
- DJI Phantom 4 Pro

Проте, у будь-якому разі при виборі безпілотного літального апарату важливо враховувати роздільну здатність камери, час польоту, портативність, його вагу та інші характеристики відповідно до потреб та вимог проекту.



Рис. 1.4. Можливості використання БПЛА.

1.3.2 Лазерне сканування

Наземне лазерне сканування, що виконується за допомогою лазерних сканерів та інших спеціальних приладів, передбачає виконання безконтактної технології вимірювання просторових об'єктів. Метод наземного лазерного сканування достатньо популярний в застосуванні у сфері архітектури, промисловості та є одним з найкращих методів дослідження об'єктів культурної спадщини. Він відрізняється своєю високою детальністю, точністю та швидкістю збору даних. [12]

Принцип роботи лазерного сканера полягає в вимірі часу, який потрібно променю лазера від випромінювача до досліджуваної поверхні, яка відбиває його назад до приймача. Цей процес подібний до принципу роботи електронного тахеометра безвідбивачевого типу. Відстань до об'єкта розраховується шляхом ділення цього часу на швидкість поширення лазерного променя. Основними компонентами лазерного сканера є лазерний далекомір, адаптований для роботи з високою частотою, і блок розгортки лазерного променя. У сканері в якості блока розгортки можуть використовуватися призма, полігональне дзеркало або сервопривід. Сервопривід відхиляє промінь на певний кут у горизонтальній площині, в результаті чого верхня частина сканера повертається, а розгортка у вертикальній площині здійснюється за рахунок обертання або коливання дзеркала.

Процес роботи сучасних лазерних далекомірів, що є складовою сканера, закладений імпульсний і фазовий безвідбивачеві методи виміру відстані. Фіксується відстань до точок об'єкту а також напрямок поширення променю в процесі сканування. Як результат, ми отримуємо хмару точок, що знаходилась в полі зору сканера, а також просторові координати досліджуваного об'єкту (x , y , z ,) та реальний колір об'єкту з його інтенсивністю. Характеристики реального кольору для кожної точки хмари, як зазвичай, ми отримуємо завдяки цифровій камері. [13]

Обстеження об'єкту культурної спадщини за даними наземного лазерного сканування містить фасади, плани, розрізи та навісні фасади, при цьому достовірність цієї інформації за рахунок високої автоматизації на порядок вище, ніж при використанні традиційних геодезичних методів.

Процес лазерного сканування передбачає три основні етапи:

- Рекогносцирування на місцевості
- Польові роботи
- Камеральні роботи
- Обробка даних [12]

Відповідно до поставленої мети, а саме обстеження об'єкту культурної спадщини варто використовувати портативні лазерні сканери з якими можна працювати як всередині будівлі так і ззовні за будь-яких погодних умов, які мають змогу збирати точкові хмари в важкодоступних місцях з високою точністю та швидкістю.

Це можуть бути:

- Leica RTC360
- Lixel L2 Handheld LiDAR Scanner
- X70GO SLAM Laser Scanner
- та інші.

Алгоритм виконання наземного лазерного сканування на місцевості

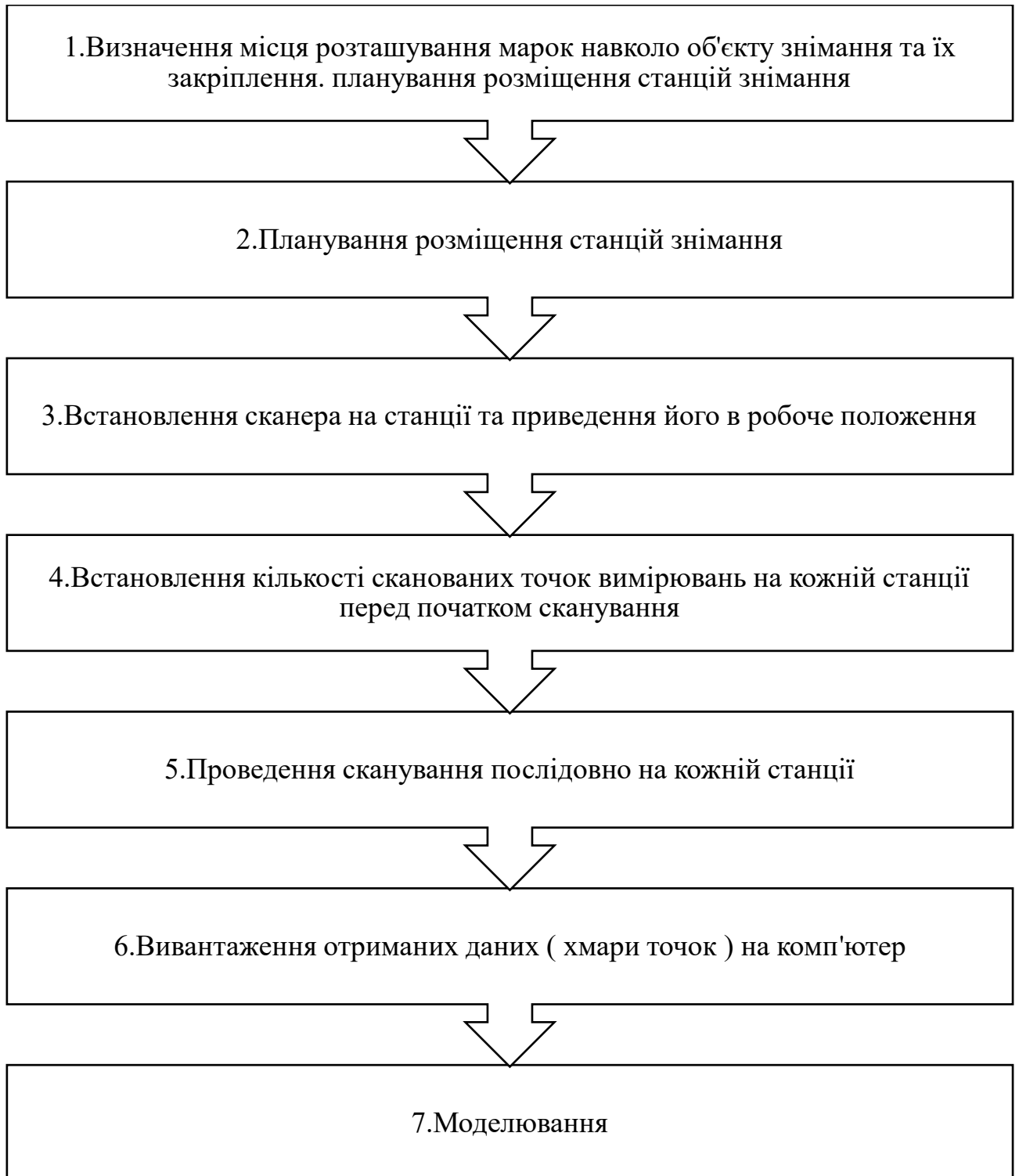


Рис. 1.5. Алгоритм виконання наземного лазерного сканування на місцевості.

1.3.3 Фотограмметрія

Цей метод застосовується не тільки в геодезії та картографії, а й у військовій справі, космічних дослідженнях та інших галузях. Він дозволяє визначити положення об'єктів на основі фотознімків та їх координат в натурі. Існують два види фотограмметрії: наземна та аерофотограмметрія. Перша використовує знімки, зроблені з поверхні Землі, а друга — з висоти, наприклад, з літаків чи супутників. Цей метод є важливим для створення карт, вимірювання геологічних елементів, проектування і багатьох інших завдань

Тривимірні координати визначають положення об'єкта в тривимірному просторі. Координати зображення визначають розташування точки об'єкта на плівці або цифровому датчику зображення. Просторова орієнтація камери визначається її положенням у просторі та напрямком поля зору. Внутрішні параметри камери визначають геометричні параметри обробки зображення. Це насамперед фокусна відстань об'єктива, але також може бути параметр спотворення об'єктива. Крім того, важливі також додаткові спостереження, наприклад додаткові спостереження, отримані за допомогою масштабу, відомої відстані між двома точками в просторі або відомої опорної точки, яка встановлює зв'язок з основною одиницею вимірювання.

Алгоритми, що використовуються у фотограмметрії, як правило, спрямовані на мінімізацію суми квадратів помилки визначення координат і відносного зміщення контрольних точок. Така мінімізація відома англійською мовою як «bundle adjustment», тобто коригування пучка і часто виконується за допомогою алгоритму Левенберга-Марквардта.[15]

Ось деякі прилади, за допомогою яких, можна виконувати фотограмметричне знімання:

- Дрони
- Лазерний сканер (LIDAR)
- GPS обладнання

Основні етапи цього методу включають наступні кроки:

1. Планування зйомки

- Визначення цілей зйомки та вимог до точності.
- Вибір методів і приладів для зйомки (наземна, авіаційна, дронна фотограметрія).
- Планування маршрутів зйомки, висоти польотів (для авіаційної зйомки) і точок зйомки.

2. Збір даних

- Виконання фотографування об'єктів за допомогою спеціалізованих фотограметричних камер або звичайних цифрових фотокамер.
- Збирання знімків з різних точок для забезпечення перекриття між сусідніми фотографіями (зазвичай 60-80% перекриття).

3. Геореференціювання

- Використання GPS/ГНСС обладнання для визначення координат точок зйомки.
- Визначення координат контрольних точок на місцевості, які будуть використовуватися для точного прив'язування зображень до географічних координат.

4. Обробка зображень

- Завантаження зображень у спеціалізоване програмне забезпечення для фотограметрії.
- Виконання внутрішнього та зовнішнього орієнтування знімків. Внутрішнє орієнтування полягає у визначенні внутрішніх параметрів камери, таких як фокусна відстань та спотворення лінз. Зовнішнє орієнтування визначає положення і орієнтацію камери у просторі під час зйомки.

5. Побудова 3D моделей

- Використання стереопар знімків для створення тривимірних моделей поверхні об'єктів.
- Генерація цифрових моделей рельєфу (DEM), цифрових моделей поверхні (DSM) і ортофотопланів.

6. Аналіз та інтерпретація даних

- Виконання вимірювань, таких як визначення відстаней, площ і об'ємів.
- Створення карт, планів, 3D моделей і інших геометричних представлень об'єктів.

Рис. 1.6. Етапи проведення фотограметричного знімання.

Порівняльний аналіз методів технічного обстеження

Методи технічного обстеження	Переваги	Недоліки
БПЛА	<ul style="list-style-type: none"> - можуть знімати важкодоступні ділянки, не потребуючи значної підготовки території. - знімання можна провести швидко, що важливо для великих об'єктів. - сучасні камери дозволяють отримувати детальні зображення. 	<ul style="list-style-type: none"> - робота залежить від погоди, особливо від вітру та опадів. - час роботи батарей обмежений, що може впливати на продуктивність. - потрібні дозволи для польотів у деяких зонах.
Лазерне сканування	<ul style="list-style-type: none"> - лазерні сканери забезпечують дуже точні вимірювання з міліметровою точністю, що є критичним для детальної реконструкції. - великий обсяг даних збирається за короткий час, що дозволяє швидко отримати точну модель будівлі. - лазерні сканери можуть працювати в будь-який час доби та за різних умов освітлення. 	<ul style="list-style-type: none"> - лазерне сканування є дорогим методом, що може обмежити його використання для менших проектів. - обробка хмари точок вимагає потужних комп'ютерів та спеціалізованого програмного забезпечення.

*Продовження
таблиці 1.1*

<p>Фотограмметрія</p>	<ul style="list-style-type: none">- використання звичайних камер робить метод дешевшим та доступнішим, що важливо для проектів з обмеженим бюджетом.- може бути виконано без спеціального обладнання, лише за допомогою фотоапарата чи навіть смартфона.- підходить як для великих, так і для дрібних об'єктів.	<ul style="list-style-type: none">- точність залежить від якості зображень та програмного забезпечення для обробки, і зазвичай нижча, ніж у лазерного сканування.- потребує доброго освітлення для отримання якісних зображень.- обробка зображень може займати більше часу порівняно з лазерним скануванням.
-----------------------	---	---

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

В першому розділі було розглянуто основні поняття про об'єкт культурної спадщини, його класифікацію, поняття про реконструкцію, етапи технічного обстеження та зміст відповідної документації, а також методи технічного обстеження.

Ознайомились із етапами проекту реконструкції, що включає в себе: передпроектну стадію, обстеження об'єкту, підготовку технічного завдання, розробку ескізного проекту, архітектурне планування та саме виконання реставраційних робіт.

А також на основі порівняльного аналізу визначили, що для високоточної реконструкції/реставрації будівлі найкращим методом все ж таки є лазерне сканування, адже він забезпечить високу точність за короткий час збору даних. БПЛА буде доречно використовувати для великих об'єктів та важкодоступних місць, за допомогою якого також можна швидко отримати дані. Методи фотограмметрії теж не відстають, завдяки їй можна отримати відносно високу точність даних за оптимальний час. Але за для того, аби досягти кращих результатів, варто поєднувати або комбінувати методи обстеження, адже це суттєво повпливає на результат та якість реконструкції об'єкту.

РОЗДІЛ 2. РЕКОНСТРУКЦІЯ ОКС ЗА ДАНИМИ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ

2.1 Оброблення даних лазерного сканування для реконструкції ОКС

2.1.1 Схема реконструкції:

Розглянемо загальну схему реконструкції із застосуванням наземного лазерного сканування:

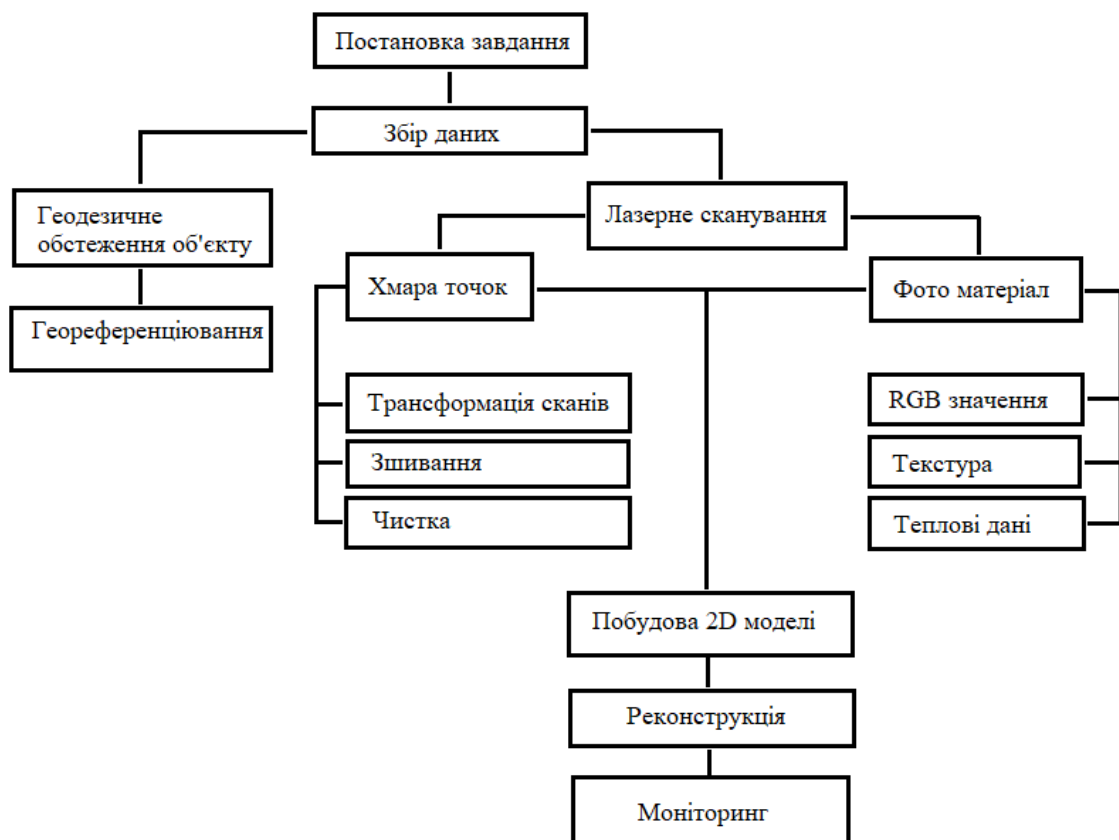


Рис. 2.1 Реконструкція за даними лазерного сканування.

2.1.2 Етапи обробки хмари точок:

Перейдемо до етапів обробки хмари точок:

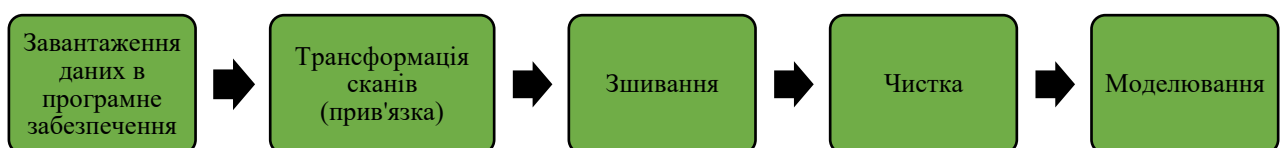


Рис. 2.2 Етапи обробки хмари точок.

1. Трансформація сканів у проектну систему координат. (прив'язка)

Лазерний сканер має свою власну систему координат, жорстко пов'язану з одним із його конструктивних елементів (зазвичай у центрі приймально-передавальної частини). Усі "сирі" дані, отримані під час сканування, відносяться до цієї системи координат. Щоб отримати "сирі" дані в системі координат, використовуваній на об'єкті робіт (проектній системі), необхідно виконати трансформацію сканів, що виконується автоматично за допомогою алгоритмів керуючої програми, наприклад, можна об'єднувати сусідні скани за опорними точками, а можна об'єднувати за відомими лінійними та кутовими елементами орієнтування сканера.[18]

2. Зшивання сканів в одну модель.

Найбільш складним і трудомістким етапом роботи в застосуванні НЛС є обробка знімальних даних. Об'єднання окремих сканів (зшивання) в єдине геометричне простір для отримання опису об'єкта зйомки. Зшивання (або реєстрація) являє собою зрівняння даних сканування з різних станцій, в єдину систему координат.

Існує кілька методів зшивання:

- зшивання за спеціальними плоским маркам-відбивачам (розклеюються на об'єкті та скануються окремо під час польового етапу);
- зшивання по маркам-сферам (аналогічно плоским маркам);
- зшивання по характерних точках (не вимагає на польовому етапі використання марок взагалі);
- автоматична підгонка (програмний спосіб зшивання, коли ітераційний алгоритм зміщує один скан щодо іншого і знаходить оптимальне положення щодо мінімального відстані між точками цих сканів);
- геопривязку (дозволяє прив'язати кожен скан або всі виміри в задану систему координат).

Для побудови великомасштабних планів оптимальним є перший спосіб. Хоча, на відміну від зшивання по характерних точках, він вимагає додаткової роботи в полі (розвішування і подальшого збирання марок); зшивання за спеціальними плоским маркам-відбивачам дає більшу точність зшивання, а також зменшує час камеральних робіт.

Автоматичне зшивання або зшивання за характерними точками не підходять для високоточних вимірювань через імовірнісне розташування вихідних точок сканування, що ускладнює точний контроль результатів зшивання. Проте ці методи залишаються єдиними доступними для зйомки об'єктів, на яких важко або неможливо розмістити світловідбивні мітки, як, наприклад, при зйомці повітряного газопроводу, склепіння даху тощо. Перед передачею в САД-програми зшиті хмари точок потрібно обробити. Це можна зробити за допомогою програмного забезпечення, такого як Cyclone, яке завдяки системі управління рівнем деталізації (Level of Detail) дозволяє ефективно обробляти сотні мільйонів точок. Існують програмні інструменти, що дозволяють виділити шар точок, які знаходяться у певному перетині хмари точок і на заданій відстані від нього. На основі відфільтрованої хмари точок, що лежить у такому шарі, можна отримати векторні зображення об'єктів, спроектувавши залишені точки на площину перетину і з'єднавши сусідні точки прямими відрізками. [19]

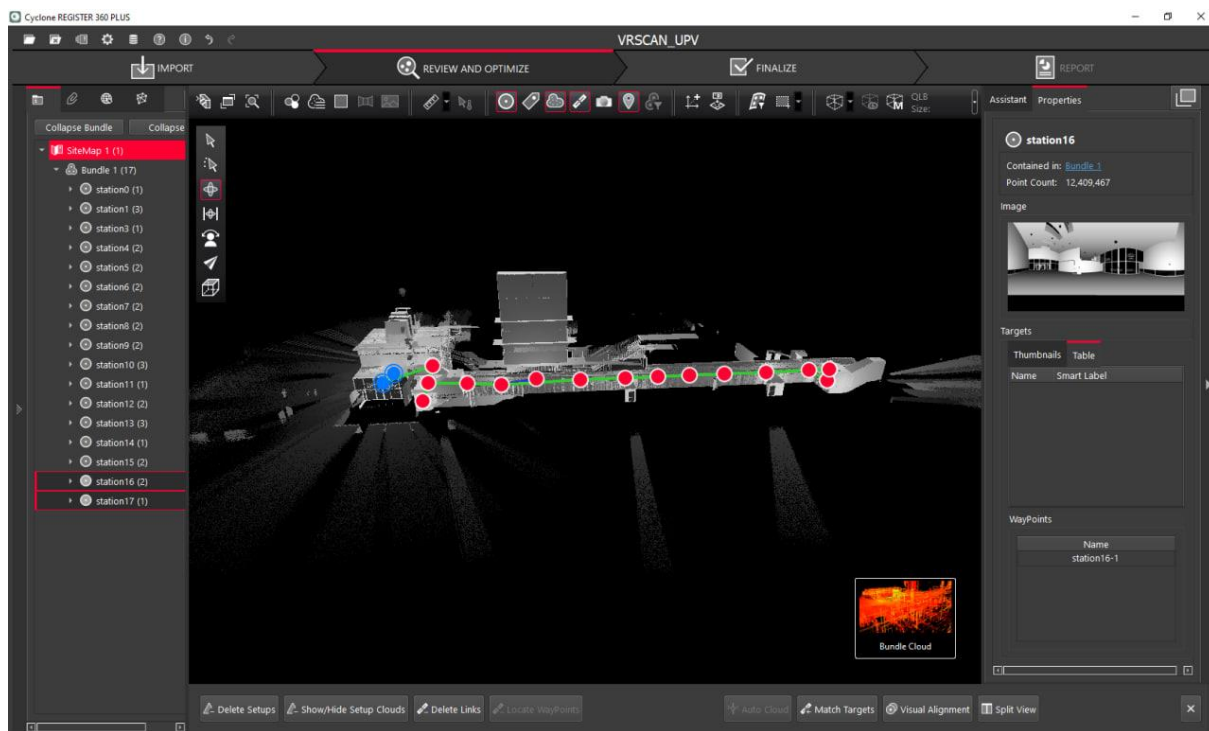


Рис.2.3 Приклад зшитої хмари точок в програмному забезпеченні Cyclone.

Отримане векторне зображення об'єктів піддається подальшій обробці з метою створення планів, які включають в себе відображення конструкцій, розмірів та іншої технічної інформації у встановлених умовних позначеннях, що використовуються в технічній інвентаризації в САД-програмах. Висока ефективність збору просторових даних про об'єкти дозволяє вважати наземне лазерне сканування дуже перспективним методом для отримання інформації при організації моніторингу складних інженерних споруд.[19]

3. Чистка хмари точок

Чистка хмари точок в наземному лазерному скануванні - це процес обробки сирого набору даних, отриманих від лазерного сканера, для видалення шуму, артефактів та непотрібної інформації з метою поліпшення якості та точності даних. Чистка хмари точок включає в себе:

- Фільтрація шуму: Лазерні сканери можуть зафіксувати шумові (фантомні) точки, які не відповідають реальним об'єктам. Фільтрація шуму включає в себе використання різних алгоритмів фільтрації для видалення цих шумових точок з хмари. [20]

- Видалення аутлаєрів: Аутлаєри - це точки, які віддалені від інших точок у хмарі та можуть бути результатом помилок або аномалій. Видалення аутлаєрів допомагає уникнути спотворень та забезпечити більш точний набір даних.
- Видалення непотрібних областей: Іноді деякі частини отриманої хмари точок можуть бути непотрібними для подальшого аналізу або моделювання. Це можуть бути ділянки, які відповідають рухливим об'єктам або нецікавим областям, наприклад, люди та рослинність.
- Сегментація: Сегментація полягає в групуванні точок в хмарі на основі спільних властивостей, таких як геометричні особливості або інтенсивність відбитого сигналу. Це може допомогти виділити окремі об'єкти або структури на зображенні.
- Корекція геометричних артефактів: Деякі лазерні сканери можуть створювати геометричні артефакти, такі як перекривання або розриви у поверхнях. Ці артефакти можуть бути виправлені за допомогою спеціальних алгоритмів.
- Нормалізація інтенсивності точок: Деякі лазерні сканери можуть збирати інтенсивність відбитого лазерного променя для кожної точки. Нормалізація цих значень може допомогти уніфікувати інтенсивність та поліпшити якість даних. [20]

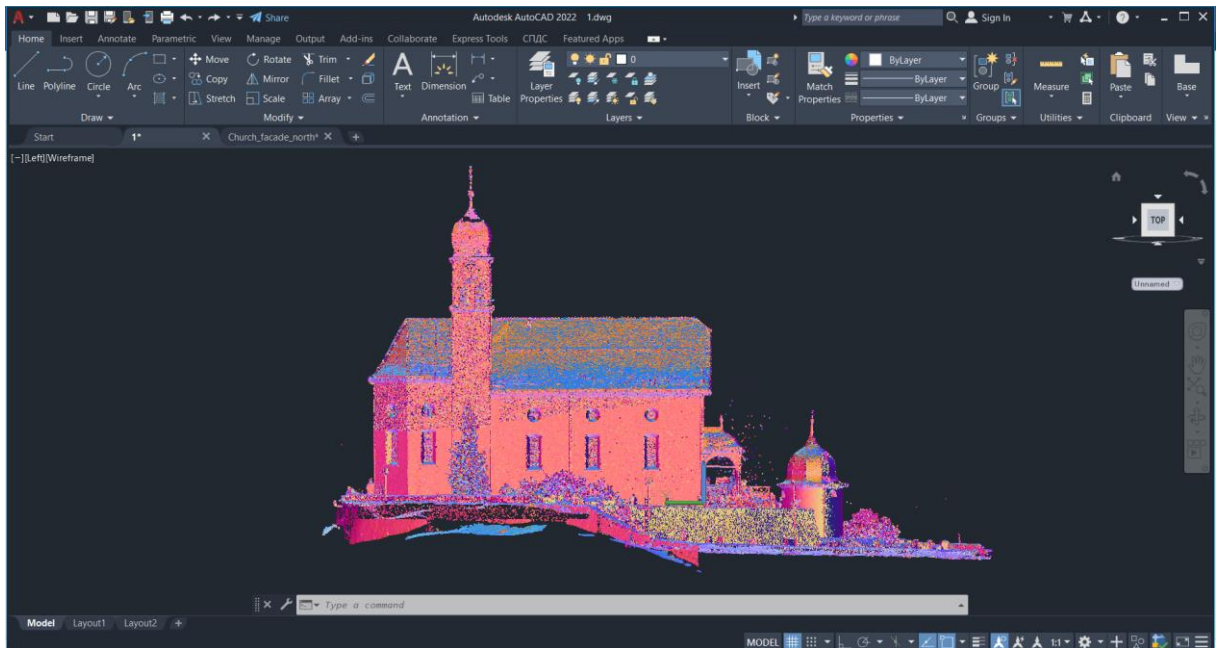


Рис.2.4 Хмара точок до чистки

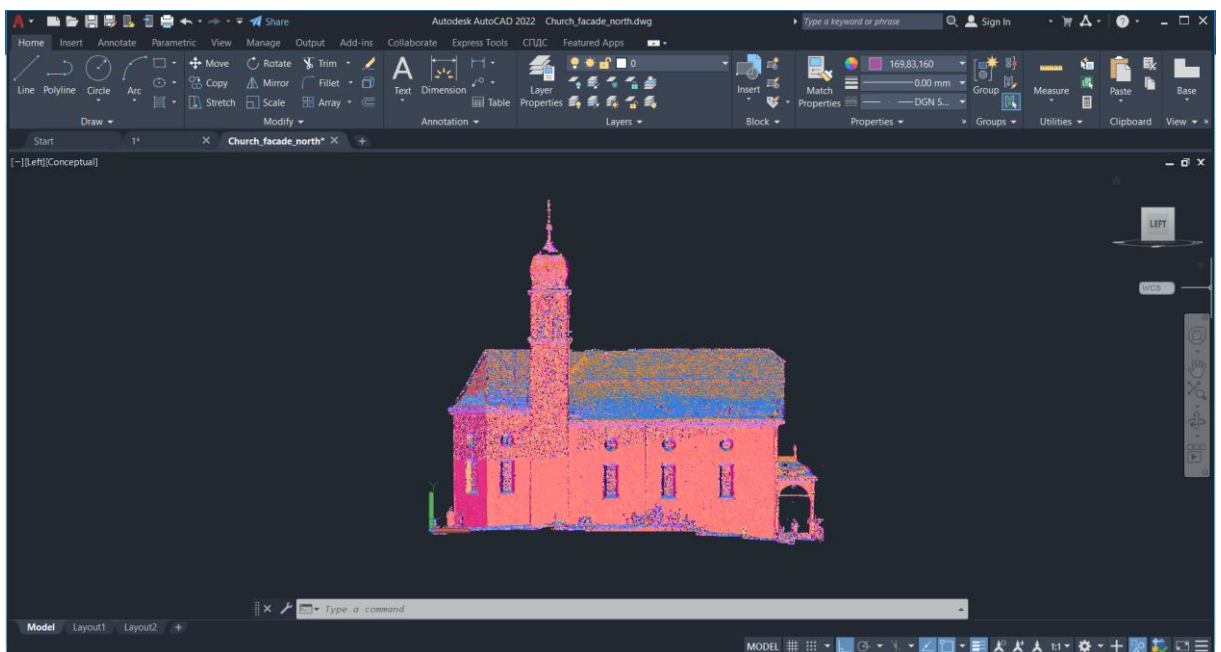


Рис.2.5 Хмара точок після чистки

4. Моделювання:

Наземне лазерне сканування дозволяє точно зафіксувати просторове розташування об'єкта у вигляді набору точок. Цей метод застосовується для знімання архітектурних, геологічних та археологічних об'єктів, що в подальшому дозволяє створити цифрову модель відсканованого об'єкта. На основі цифрової моделі можна візуалізувати об'єкт з різних ракурсів, проводити

різноманітні експерименти для перевірки гіпотез, а також створювати графічні матеріали. Важливою перевагою є те, що ці дослідження можуть здійснюватися в камеральних умовах у будь-який час без необхідності повторного знімання на місці.

Майбутня побудова моделі об'єкту виконується згідно з логічним визначенням приналежності кожної точки чи групи точок до певної поверхні чи елементу та створення по даним точкам відповідного елементу. Цей фінальний етап залежить від поставлених цілей - у якому вигляді мають бути представлені дані по результатам наземного лазерного сканування.

Результат моделювання об'єкту може бути представлений у вигляді плану, розрізу, фасаду (ортогональна проекція), 3D модель споруди, рельєфу, інфраструктури місцевості, представлення її розвитку, тощо.

Для моделювання споруд та інших об'єктів за результатами наземного лазерного сканування можуть використовуватися такі програмні забезпечення як:

- Autodesk ReCap
- Trimble RealWorks
- Bentley ContextCapture
- AutoCAD
- Pix4Dmapper
- Leica Cyclone 3DR
- Autodesk Revit
- ArchiCAD
- FARO SCENE
- PointCloudEngine (PCE)
- Інші

Аби полегшити та прискорити процес моделювання існує безліч інструментів для його автоматизації, проте, є деякі фактори, які можуть ускладнити або обмежити їх ефективність при моделюванні конкретно об'єктів культурної спадщини :

- Об'єкти культурної спадщини можуть мати складну архітектуру, дрібні деталі або складні текстурні характеристики.
- Вимагають високої точності та деталізації, яку можуть не забезпечити загальноприйняті інструменти моделювання.
- В деяких випадках моделювання культурної спадщини може потребувати роботи на місці з використанням спеціалізованого обладнання та методик, які не завжди піддаються автоматизації.
- Інтерпретація значення та значущості об'єкта може бути складною та вимагати глибокого розуміння культурного контексту.
- Доступ до додаткової документації, архівних матеріалів, історичних звітів та інших ресурсів, які можуть бути важливими для правильної інтерпретації об'єкта та його контексту.
- Проведення детального обстеження та оцінки стану об'єкта, що може бути важливим для розуміння потреб у консервації, реставрації та моделюванні.
- Можливість вибору найбільш відповідних методів моделювання та інструментів в залежності від конкретних потреб об'єкта та його унікальних характеристик.
- Валідація та перевірка результатів моделювання, що допомагає забезпечити відповідність моделі реальному об'єкту.

Хоч автоматизовані інструменти можуть бути дуже корисними для багатьох аспектів моделювання культурної спадщини, проте важливо розуміти, що в деяких випадках комбінування автоматизованих інструментів з ручним моделюванням може дати найкращі результати, дозволяючи поєднати переваги обох підходів.

2.2 Вимоги до виконавчих креслень для реконструкції ОКС

Перш за все, розглянемо склад розділу та зміст комплексних наукових досліджень для реконструкції об'єкту культурної спадщини. Нижче наведено пункти з Державних будівельних норм (ДБН).

На основі програми на виконання науково-дослідних робіт визначаються зміст та склад комплексних наукових досліджень. В реставраційному завданні, як правило, відображається склад комплексних наукових досліджень. [21]

2.2.1 Комплексні наукові дослідження передбачають визначення такої інформації:

- культурна, історична і наукова цінність пам'ятки;
- первісна матеріальна структура пам'ятки та її пізніші історичні нашарування.
- інформацію про планувальну структуру пам'ятки, об'ємно-просторову композицію, архітектурне;
- вирішення фасадів та інтер'єрів, а також їх опорядження;
- інженерні та технологічні рішення пам'ятки;
- хімічні, фізичні та фізико-технічні характеристики матеріалів пам'ятки;
- стан збереженості конструкцій;
- стан збереженості матеріалів пам'ятки;
- геологічні та гідрологічні умови території пам'ятки;
- природні та антропогенні чинники впливу на пам'ятку. [21]

Історико-архівні та бібліографічні дослідження складаються із збору та дослідження опублікованих джерел а також виявлення архівних матеріалів та їх систематизацію, що стосуються пам'ятки та її середовища. Оформлюється у вигляді довідки. Див. Додаток А.

2.2.2. Натурні дослідження

Натурні дослідження виконуються для вивчення первісного ядра, пізніших нашарувань, матеріальної структури об'єкту а також втрачених частин елементів пам'ятки. [21]

Натурні дослідження включають в себе:

- обміри: архітектурні, архітектурно-археологічні, фотограмметричні; архітектурні дослідження;
- архітектурно-археологічні дослідження;
- інженерні дослідження;
- конструкторські дослідження;
- науково-технологічні дослідження;
- дослідження території, прилеглої до пам'ятки;
- фотофіксацію.

Наукова база:

Розробляються плани, фасади, перерізи із позначенням місць влаштування зондажу та шурфів з метою дослідження мурування. Див. Додаток Б.

2.2.3 Результати

Результатами комплексних наукових досліджень є звіти:

1.Архітектурні або архітектурно-археологічні обміри, що фіксують усі зміни в об'ємній та планувальній структурі пам'ятки та описують архітектурні деталі та їх зміни з часом.

2.Звіт про інженерне обстеження, що фіксує стан мереж (наприклад, електричних, водопостачання, опалення тощо), а також надає висновки щодо експлуатаційних показників та рекомендації щодо подальшої експлуатації.

3.Звіт про конструкторське обстеження, він аналізує стан конструкцій (наприклад, фундаментів, стін, перекриттів) та рекомендує заходи щодо підсилення або укріплення.

4.Звіт про хіміко-технологічні обстеження, що досліджує матеріали та технології, які можуть бути використані для реставрації.

5.Звіт про дослідження живопису і предметів внутрішнього оздоблення, що аналізує стан живопису, декоративних елементів та інтер'єрних деталей.

6.Звіт про археологічні дослідження (за потреби), який фіксує археологічні та архітектурно-археологічні складові пам'ятки.

7.Звіт про інженерно-геологічні вишукування, який вивчає геологічні умови на місці пам'ятки та надає рекомендації щодо будівництва та реставрації.

8.Звіт про архітектурні дослідження, що досліджує архітектурні особливості та структуру пам'ятки. [21]

Як результат, ми маємо фіксацію первісного ядра об'єкту та історичних нашарувань, колористичного рішення, авторства тощо. Комплексні наукові роботи є єдиним об'єктивним джерелом визначення автентичності пам'ятки. [21]

2.2.4 Склад та зміст науково-проектної документації на протиаварійні або невідкладні консерваційні роботи.

Для забезпечення безпечної експлуатації об'єкту під час науково-дослідних робіт, проведення ремонтно-реставраційних заходів та розробки науково-проектної документації необхідно скласти науково-проектну документацію для протиаварійних та/або невідкладних консерваційних робіт. Ця документація розробляється за потреби на етапі робочого проекту та включає матеріали попередніх досліджень, рекомендації стосовно виконання протиаварійних заходів, робочі креслення та кошторисну інформацію. [21]

2.2.5 Метеріали

Матеріали обстежень містять:

- схематичний, архітектурний або архітектурно-археологічний обмір (в необхідних обсягах);
- акт огляду технічного стану пам'ятки (додаток В);
- акт визначення категорії складності робіт з розроблення документації;
- акт визначення втрат пам'ятки (додаток Г);
- схему фотофіксації;
- фотографії загального вигляду пам'ятки, її аварійних елементів або частин з анотаціями;
- рекомендації щодо виконання протиаварійних або невідкладних консерваційних робіт на пам'ятці. [21]

Робочі креслення виконуються на основі матеріалів обстежень та/або дефектних актів (додаток Г)

2.2.6 Кошторисна документація

Відповідно до кошторисних норм України визначається вартість проведення консерваційних або протиаварійних робіт. [21]

2.2.7 Склад та зміст ескізного проекту (ЕП)

Ескізний проект розробляється на підставі вихідних даних, реставраційного завдання та результатів комплексних робіт. Він складається з графічних та текстових матеріалів якими визначаються концептуальні рішення, такі як: архітектурні, конструктивні, містобудівні, технологічні а також інженерні рішення, які спрямовані безпосередньо на збереження пам'ятки. ЕП створюється для об'ємно-просторових, планувальних та розпланувальних рішень. [21]

Ескізний проект включає в себе :

- пояснювальну записку;
- креслення;
- кошторисну документацію.

2.2.8 Пояснювальна записка

Пояснювальна записка має містити:

Пояснювальна записка	Загальні відомості про пам'ятку, характер використання, матеріали науково-дослідних робіт
	Описи існуючого вигляду та технічного стану
	Технологічні рішення
	Описи графічних реконструкцій
	Пропозиції з колористичного вирішення фасадів та інтер'єрів
	Концептуальні рішення зі збереження пам'яток монументального мистецтва і предметів внутрішнього оздоблення
	Пропозиції зі збереження археологічних та/або архітектурно-археологічних об'єктів в межах ділянки проектування
	Пропозиції з благоустрою, вертикального планування та озеленення території
	заходи з пожежної безпеки, охорони праці та навколишнього середовища санітарно-епідеміологічного благополуччя
	Основні техніко-економічні показники.

Рис.2.6 Складові пояснювальної записки.

2.2.9 Креслення

Креслення містять:

- ситуаційний план розташування пам'ятки в планувальній структурі населеного пункту в масштабі 1:2000, 1:5000 або 1:10000;
- генеральний план ділянки проектування у масштабі 1:200 або 1:500;
- плани, фасади, перерізи (секції) у масштабі 1:50; 1:100. [21]

2.2.10 Вимоги до виконавчих креслень

Загальні правила виконання креслень регулюються ДСТУ 3321:2003 "Система конструкторської документації" (СКД). З 01.01.1997 року СКД замінила Єдину систему конструкторської документації (ЄСКД), що діяла в Україні. СКД включає комплекс державних стандартів, які визначають правила та положення для розробки, оформлення та обігу конструкторської документації. Держстандарт України прийняв класифікацію нормативних документів зі стандартизації, яка узгоджена з системою стандартів Міжнародної організації зі стандартизації (ISO). Відповідно до цієї класифікації, ДСТУ 3321:2003 і тимчасові стандарти класу 2, що раніше належали до ЄСКД, складають комплекс стандартів СКД. Найбільш поширеними стандартами для графічного оформлення креслень є: ГОСТ 2.301-68 "Формати", ГОСТ 2.302-68 "Масштаби", ГОСТ 2.303-68 "Лінії", ГОСТ 2.304-81 "Шрифти креслярські", ГОСТ 2.305-68 "Зображення – вигляди, розрізи, перерізи", ГОСТ 2.306-68 "Позначення графічних матеріалів і правила їх нанесення на кресленнях", ГОСТ 2.307-68 "Нанесення розмірів і граничних відхилів", ДСТУ ГОСТ 2.104:2006 "Основні написи".[21]

2.2.11 Формат аркуша

Відповідно до ГОСТ 2.301-68, розмір сторін аркуша креслення визначає його формат. Кожен формат має своє позначення, наприклад, А4. Основні

формати отримуються шляхом послідовного ділення навпіл довгих сторін формату A0 (841x1189 мм), площа якого становить 1 м². [21]

Таблиця 2.1

Розміри основних форматів

Позначення формату	A0	A1	A2	A3	A4
Розміри сторін в мм	841x1189	594x841	420x594	297x420	210x297

Дозволяється використовувати додаткові формати, де довга сторона є кратною короткій стороні основного формату. Позначення таких форматів включає позначення основного формату та множник, що показує кратність довгої сторони додаткового формату до короткої сторони основного формату. Наприклад, формат 420x1486 позначається як A3x5. На додатковому форматі створюється рамка: 20 мм від лівого краю і 5 мм від країв з трьох інших сторін аркуша. [21]

2.2.12 Масштаби

Масштабом є відношення дійсних розмірів об'єкту до лінійних розмірів зображеного на кресленні. Відповідно до ГОСТ 2.302-68 рекомендуються такі масштаби для виконання креслень:

- Масштаби зменшення (1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:800; 1:1000)
- Натуральна величина (1:1)
- Масштаби збільшення (2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1;) [21]

2.2.13 Лінії

Вимоги до креслярських ліній включають використання різних типів ліній (суцільних товстих і тонких, штрихових, штрихпунктирних), дотримання їх товщини, забезпечення чіткості, рівномірності та контрастності, використання чорного кольору (або іншого, згідно з стандартами), та правильне розміщення ліній для забезпечення точності і зрозумілості креслень. [21]

2.2.14 Обов'язкові елементи креслення:

Креслення розробляються для зображення інженерних, будівельних та архітектурних об'єктів. Вони допомагають розуміти розміри, деталі та взаємодію між елементами об'єкту, планувати будівельні роботи, визначати потрібні матеріали, а також виконувати контроль якості виконання робіт. [21]

Існує перелік обов'язкових елементів креслень для реконструкції:

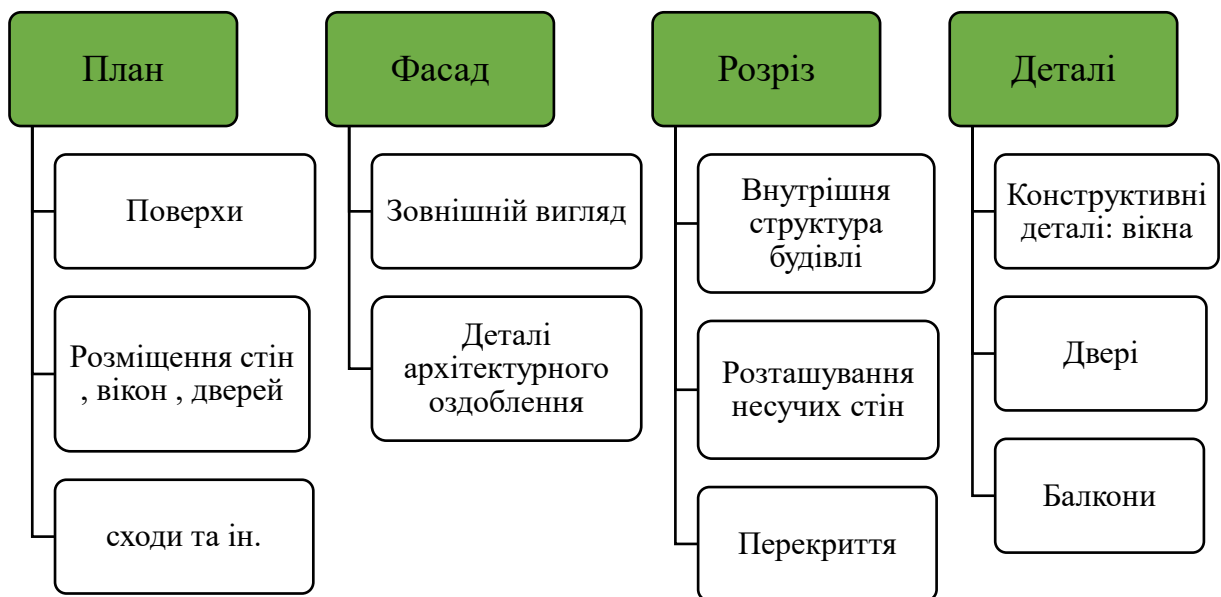


Схема 2.7 Обов'язкові елементи та складові креслення для реконструкції.

Особливості елементів креслення для реконструкції об'єкту культурної спадщини:

Для реконструкції об'єкту культурної спадщини на кресленнях варто показати не тільки вище перераховані обов'язкові складові, а й додаткові елементи, такі як: ринви, навіси, арки, куполи, вітражі, ліпнину, фігури та інші декоративні елементи фасаду. [21]

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

У другому розділі було розглянуто загальну схему реконструкції із застосуванням наземного лазерного сканування, починаючи з постановки завдання до моменту реконструкції та моніторингу об'єкту.

Було розібрано етапи обробки хмари точок, що включають в себе: завантаження даних в програмне забезпечення, трансформацію сканів (прив'язка), зшивання хмари точок, її чистка та моделювання, але варто зазначити, що результатом моделювання може бути не лише 3D модель споруди, а й план, розріз, фасад (ортогональна проекція), рельєф місцевості, інфраструктура місцевості, представлення її розвитку, тощо.

Ознайомились з вимогами до виконавчих креслень а саме:

- із змістом комплексних наукових досліджень для реконструкції об'єкту культурної спадщини які поділяються на історико-архівні та бібліографічні, натурні, вишукувальні та камеральні дослідження.
- з документацією на протиаварійні або невідкладні консерваційні роботи, які матеріали обстежень повинні бути та складання кошторисної документації.
- з ескізним проектом, що включає в себе пояснювальну записку та її зміст, креслення і вимоги а саме: формати аркушу, масштаби, лінії побудови, елементи креслення та їх особливості.

**РОЗДІЛ 3. СТВОРЕННЯ ТА АНАЛІЗ 2D КРЕСЛЕННЯ ПРИ
РЕКОНСТРУКЦІЇ ОКС**

3.1 Опис ОКС

3.1.1 Загальна інформація:

Вассенська церква (Wassen Kirke), розташована в муніципалітеті Вассер у кантоні Урі, Швейцарія, знаходиться в мальовничому та стратегічно важливому місці. Церква розташована на висоті 930 метрів над рівнем моря, в оточенні швейцарських Альп. Це робить її помітною з багатьох точок на залізничній лінії Готтард, особливо завдяки її знаменитим гелікальним тунелям, які дозволяють поїздам долати круті схили перевалу Готтард.

Географічно Вассер оточений драматичними альпійськими пейзажами, які характеризуються стрімкими гірськими схилами, густими лісами та кам'янистими ділянками. Топографія регіону визначається долиною Ройс і близькістю до значних гірських перевалів, таких як Готтард і Зустен. Ці перевали не тільки важливі для транспорту, але й популярні для мальовничих поїздок і походів, що сприяє туристичній привабливості регіону.

Поєднання стратегічного розташування, історичної цінності та архітектурної краси робить Вассерську церкву важливим об'єктом для зусиль з її збереження. Підтримка церкви не тільки зберігає культурну спадщину, але й підтримує місцевий туризм, що є важливим для громади з огляду на обмежені можливості працевлаштування в регіоні.

3.1.2 Архітектурні відомості

Церква Вассен у Швейцарії є чудовим прикладом середньовічної скандинавської архітектури, яка відображає історичний і культурний розвиток регіону. Побудована в 1200-х роках, вона демонструє риси романського стилю, характерного для того періоду, зокрема, масивні стіни, вузькі вікна і просту, але міцну конструкцію.

Архітектурно, Вассен Кирке відзначається своєю кам'яною кладкою і дерев'яними елементами, що поєднують місцеві будівельні матеріали та традиції. Інтер'єр церкви простий, але елегантний, з декоративними деталями, що підкреслюють її історичне значення. Важливим елементом є старовинні фрески та різьблені дерев'яні конструкції, які збереглися до наших днів.

Особливої уваги заслуговують вікна з вітражами, які додають внутрішньому простору церкви атмосферу спокою та святості. Архітектурні рішення, прийняті при будівництві, дозволяють зберігати тепло всередині церкви, що було важливим у холодному скандинавському кліматі.



Рис. 3.1 Досліджуваний об'єкт культурної спадщини. [24]

Описуваний об'єкт складається з семи частин:

- Неф: Головний простір церкви, де розташовуються лави для парафіян. Неф часто обрамлений колонами або арками, які підтримують стіни і дах.
- Апсида: Напівкруглий або багатокутний простір в кінці церкви, де знаходиться головний вівтар. В апсиді часто є вітражі або мозаїки.

- Хор: Розташований перед вівтарем, цей простір призначений для співочих колективів. Хори зазвичай мають сидіння, орієнтовані до вівтаря.
- Трансепт: Перекладний неф, що утворює хрестоподібний план церкви. Трансепт розділяє неф і хор, створюючи додатковий простір для бічних каплиць або додаткових вівтарів.
- Башта: Багато церков мають башту на західному кінці нефа або над перетином нефа і трансепту. Башти часто містять дзвони і можуть служити додатковими елементами для підйому на дзвіницю.
- Каплиці: Невеликі бокові приміщення, що можуть розташовуватися вздовж нефа або трансепту. Вони використовуються для приватних молитов або додаткових служб.
- Клірсторій: Верхній ряд вікон, який освітлює неф. Вікна клірсторію часто містять вітражі, які створюють ефектні світлові картини всередині церкви.

За будівельними характеристиками будівля має міцний кам'яний фундамент та товсті стіни, містить дерев'яні елементи, великі та маленькі округлі вікна, черепичний дах та високий шпиль.

3.1.3 Потреба реставраційних робіт

Потреба в реконструкційних чи реставраційних роботах Вассерської церкви має кілька важливих аргументів, які обґрунтовують її необхідність:

- Збереження історичної спадщини: Вассерська церква є цінним історичним та культурним об'єктом, що відображає середньовічну архітектуру та культурну історію регіону. Реставрація допоможе зберегти ці архітектурні особливості для майбутніх поколінь, забезпечуючи їхнє довговічне існування.
- Туристична привабливість: Реставрація може збільшити туристичну привабливість церкви та регіону в цілому. Історичні пам'ятки часто стають центрами притягання для туристів, що позитивно впливає на місцеву

економіку. Збереження та покращення стану церкви може сприяти розвитку туризму.

- Соціально-культурне значення: Церква є важливим місцем для місцевої громади, де проводяться релігійні служби та інші культурні заходи. Реставрація допоможе зберегти цей соціально-культурний простір у належному стані, забезпечуючи комфортні умови для проведення заходів та зустрічей громади.
- Архітектурна цінність: Реставрація дозволяє зберегти та відновити архітектурні елементи, які можуть бути пошкоджені часом або погодними умовами. Це включає відновлення фресок, різьблених дерев'яних конструкцій та інших декоративних елементів, що мають значну мистецьку цінність.
- Екологічний аспект: Реставрація історичних будівель є більш екологічно відповідальним підходом порівняно з будівництвом нових споруд. Використання існуючих структур та матеріалів допомагає зменшити викиди вуглецю та витрати на будівельні матеріали.

3.2 Побудова 2D креслення в програмному середовищі AutoCAD

3.2.1 Завантаження вихідних даних (хмари точок) в програмне середовище AutoCAD 2022.

Для цього відкриваємо програму, в головному меню знаходимо Insert (Вставка) та натискаємо Attach (Прикріпити), за допомогою цього інструменту ми можемо вставляти не лише зовнішні файли, а й растрові зображення, креслення, зображення та ін. Нам потрібен файл з розширенням .pcr, обираємо його.

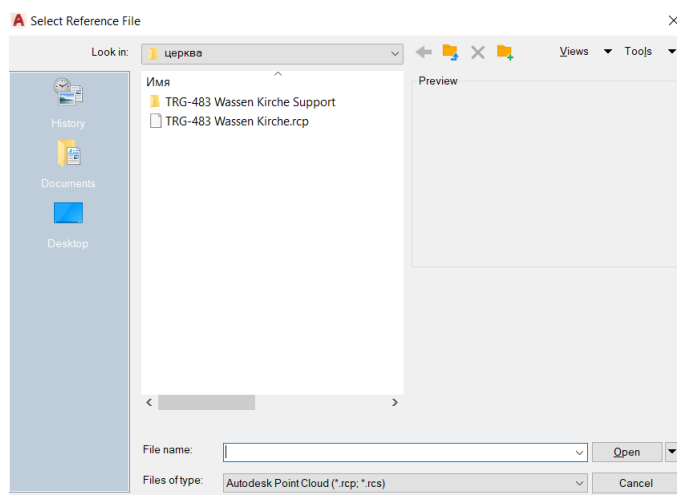


Рис.3.2 Імпорт даних.

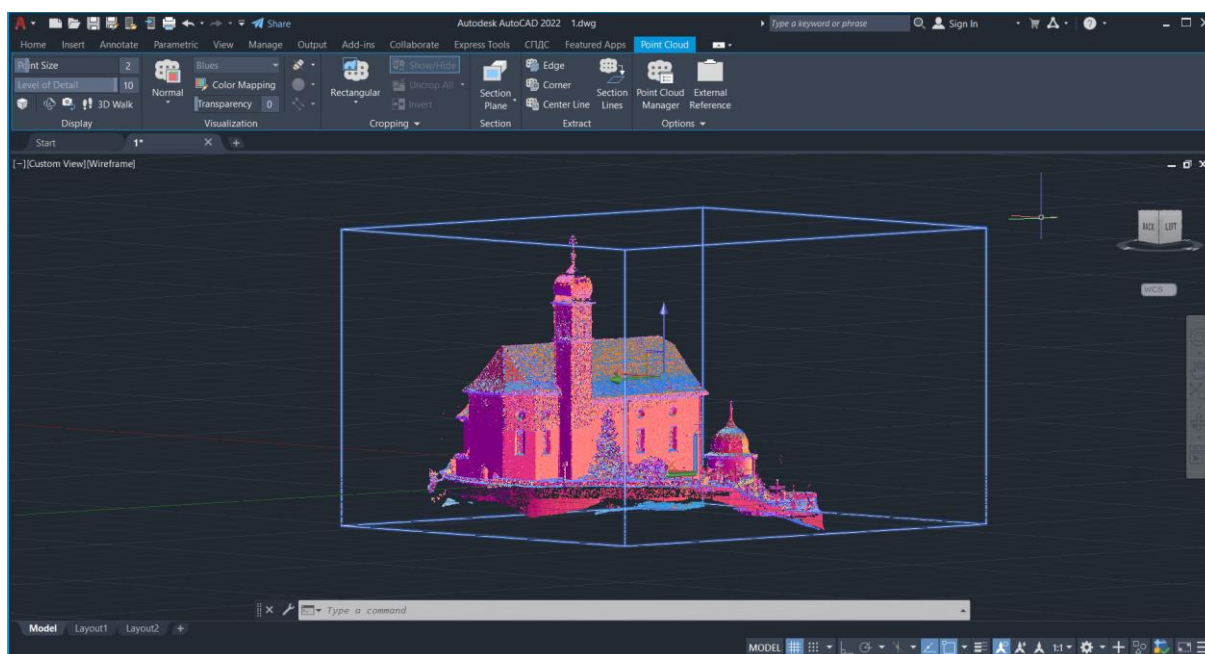


Рис.3.3 Завантажена хмара точок.

Після того як ми завантажити дані, розглянемо хмару точок з різних ракурсів, для цього можемо скористатися видовим кубом, який знаходиться в правому верхньому куті простору моделювання. Також маємо можливість дослідити об'єкт з різними стилізаціями/текстурами, це допоможе розрізнити деякі деталі споруди. Натиснувши на хмару точок в нас з'являється окрема панель, знаходимо інструмент Visualization (Візуалізація), переглядаємо та вивчаємо запропоновані стилі хмари. Наприклад:

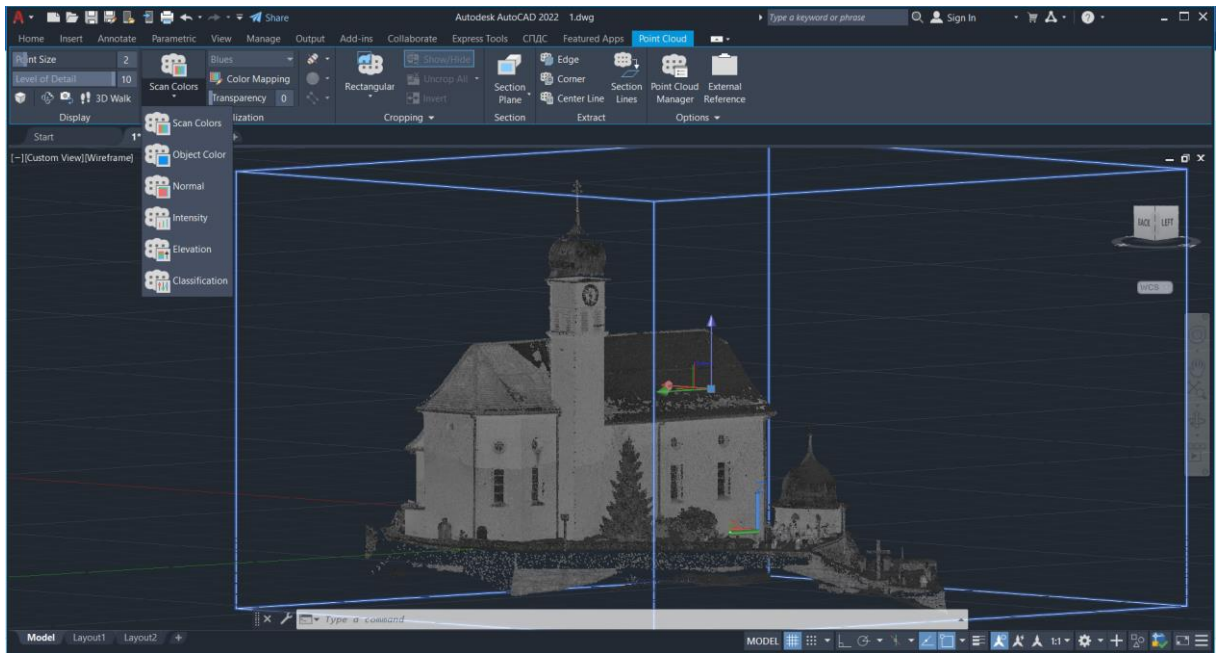


Рис.3.4 Подання хмари точок за кольорами» (Scan colors)

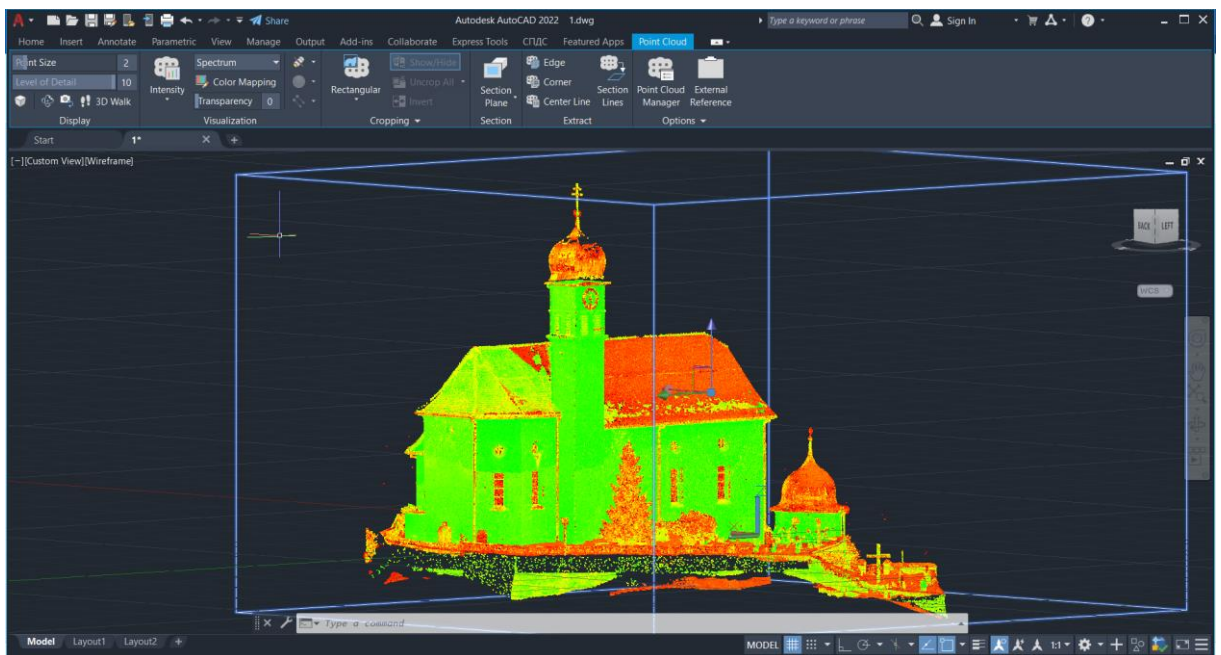


Рис.3.5 «Подання хмари точок за інтенсивністю» (Intensity)

3.2.2 Чистка хмари точок.

Наразі хмара точок має безліч зайвих об'єктів, які можуть складати хибне уявлення про геометричну форму споруди, такі як рослинність, паркани, пам'ятники, а також літаючі точки та ін., тому буде доцільно зробити принаймні мінімальну чистку, аби полегшити процес моделювання.

Для цього використаємо інструмент Cropping (Обрізання) та зачистимо хмару. Зберігаємо нашу підрізку.

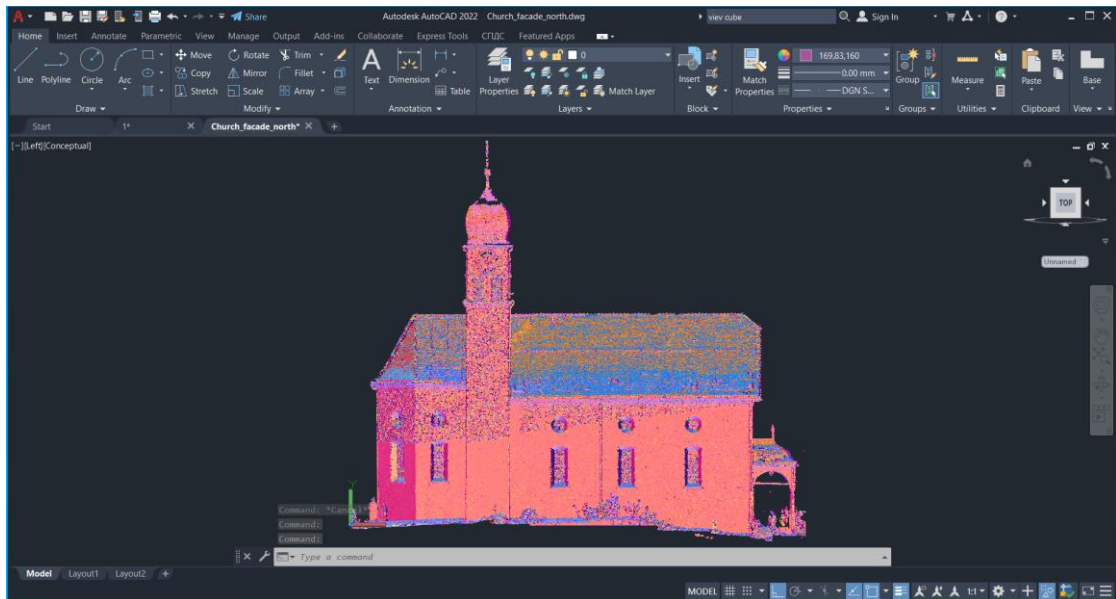


Рис.3.6 Зачищена хмара точок.

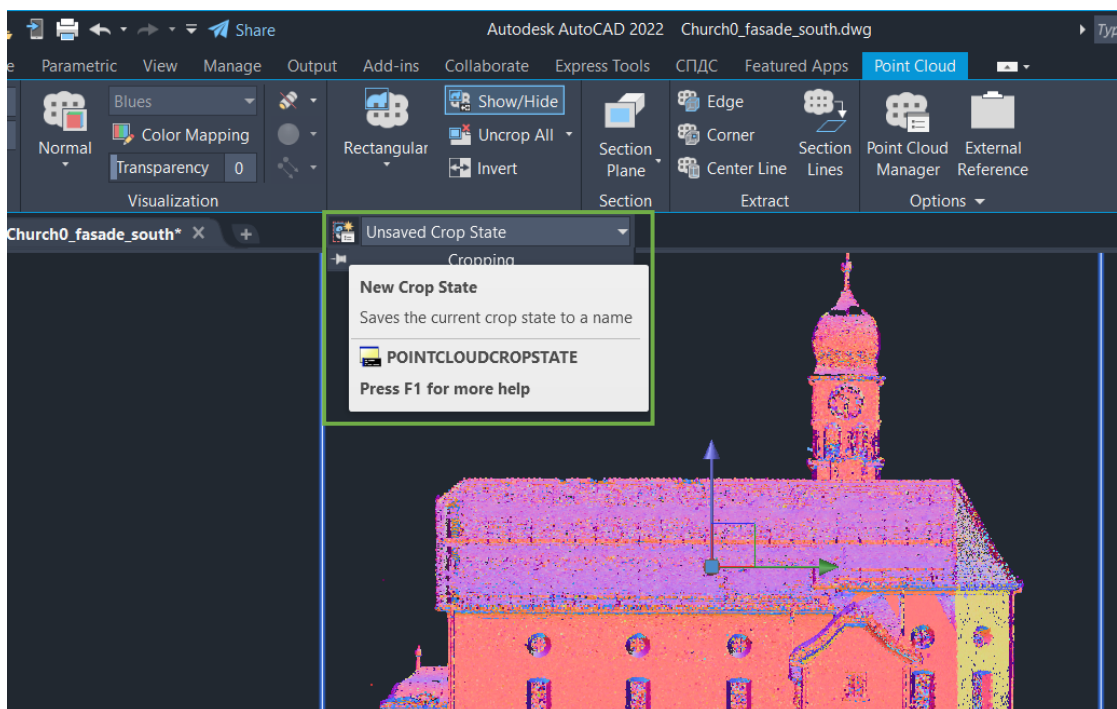


Рис.3.7 Збереження зачищеної хмари точок.

З метою реконструкції/реставрації фасадів будівлі створимо 4 2D моделі включаючи всі деталі. Вони показуватимуть існуючі умови будівлі, необхідні

зміни, нові елементи та компоненти, креслення виконуватимуться у всесвітній системі координат WGS-84(являє собою тривимірну систему координат для встановлення положення об'єктів на земній поверхні.)[16] з точністю до 1 см у масштабі 1:50, деякі елементи у 1:20 (для кращої деталізації окремих частин будівлі) Товщина ліній 0,00 мм. Товщина штриховки 0,00мм. Це дозволить мати чітке уявлення про те, що потрібно зробити реставраторам та іншим будівельним інженерам.

Отже, для початку, назвемо кожен з фасадів за географічними напрямками: North, South, West, East.

3.2.3 Процес та принципи побудови 2D моделі.

На прикладі одного з фасадів (South) розглянемо принцип побудови 2D моделі, використовуючи результати наземного лазерного сканування.

Хмара має декілька відтінків кольору, по яким ми можемо визначати будь які перепади, перегини елементів будівлі та інші деталі. Почнемо із стін, перевертаємо хмару точок на вигляд зверху або в інше зручне положення, збільшуємо прозорість (Transperency), та робимо підрізку використовуючи інструмент (Polygonal). Підрізка окремих елементів робиться з метою запобігання накладання інших частин будівлі.

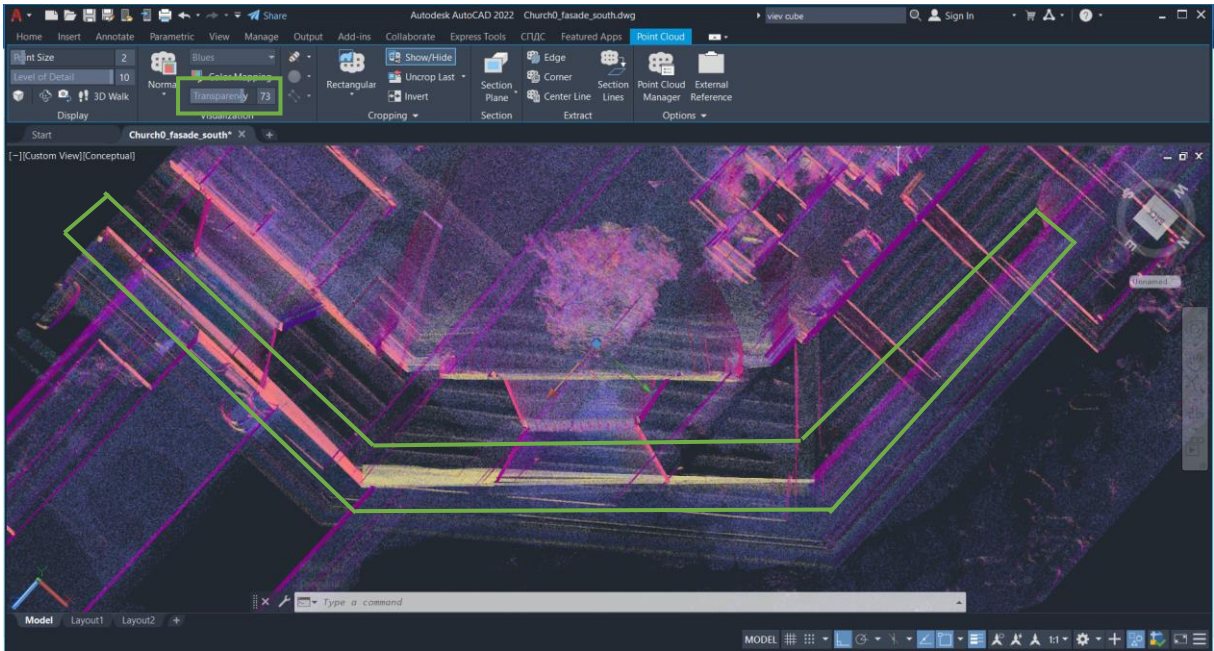


Рис.3.8 Область підрізки

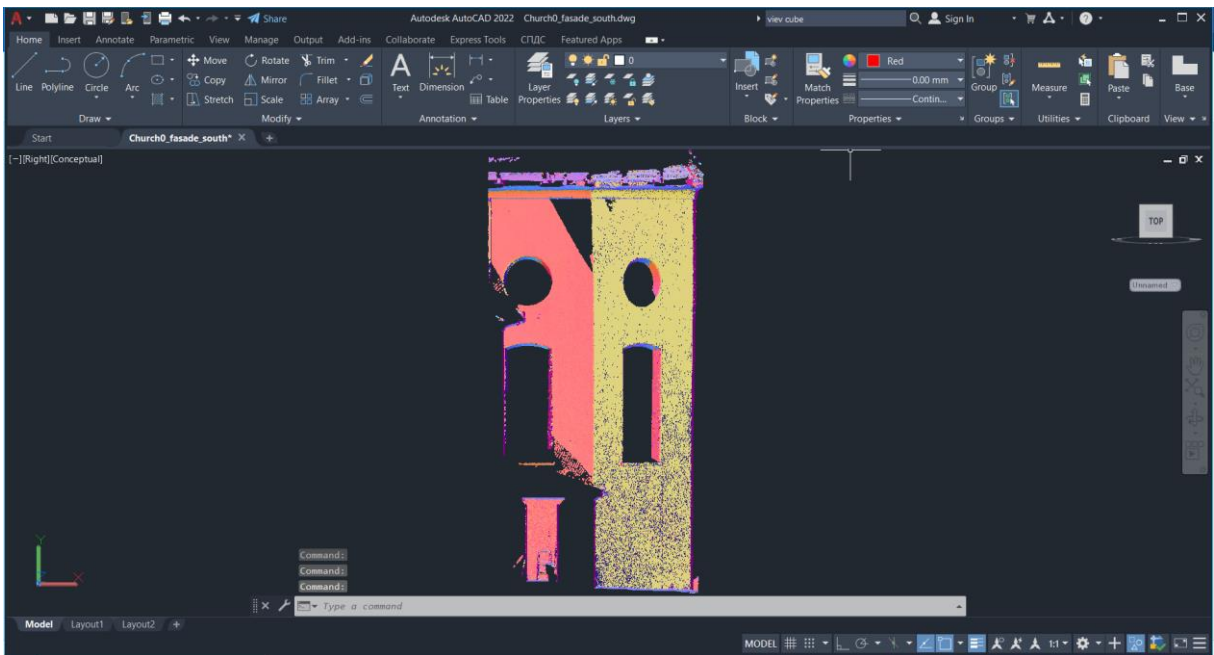


Рис. 3.9 Вигляд підрізки в ортогональному режимі

Тепер ми чітко бачимо перегини стін і за допомогою інструменту Draw: Polyline (Малювати: Полілінія) по точкам креслимо стіни з точністю до 1 см а також їх проєкцію. Це ж саме робимо і для інших частин, що входять до споруди та прилеглі елементи: отвори, вікна, двері, дахи, перегородки, сходи, ринви та ін.

Деякі елементи, такі як паркани, вітражі, ліпнина та інші декоративні елементи покажемо в масштабі 1:20.

Для того щоб накреслити, наприклад, повернуті вікна, та не робити цього вручну, копіюємо вже намальоване ідентичне вікно, вмикаємо інструмент (Gizmos), який дозволяє обертати виділений об'єкт по осях (x, y, z).

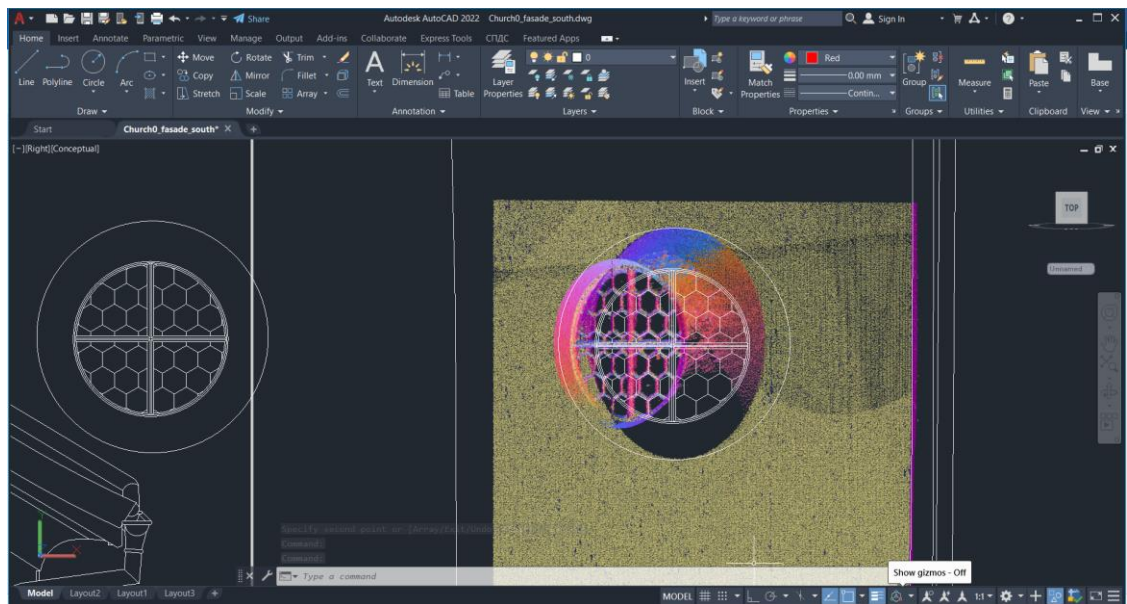


Рис. 3.10 Моделювання вікон

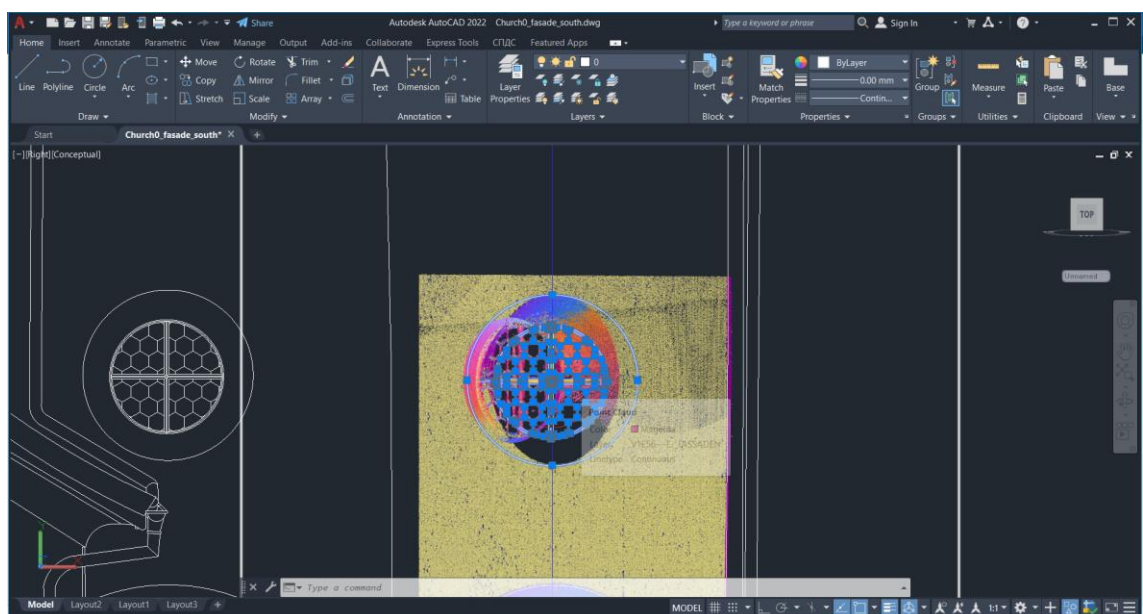


Рис. 3.11 Демонстрація інструменту (Gizmos)

Натискаємо на вісь x та тягнемо у напрямку повороту вікна в ортогональному режимі (режим можна змінити натискаючи клавішу F8), до тих пір, поки рисунок не співпаде чітко з хмарою точок. За таким принципом креслимо й інші подібні елементи.

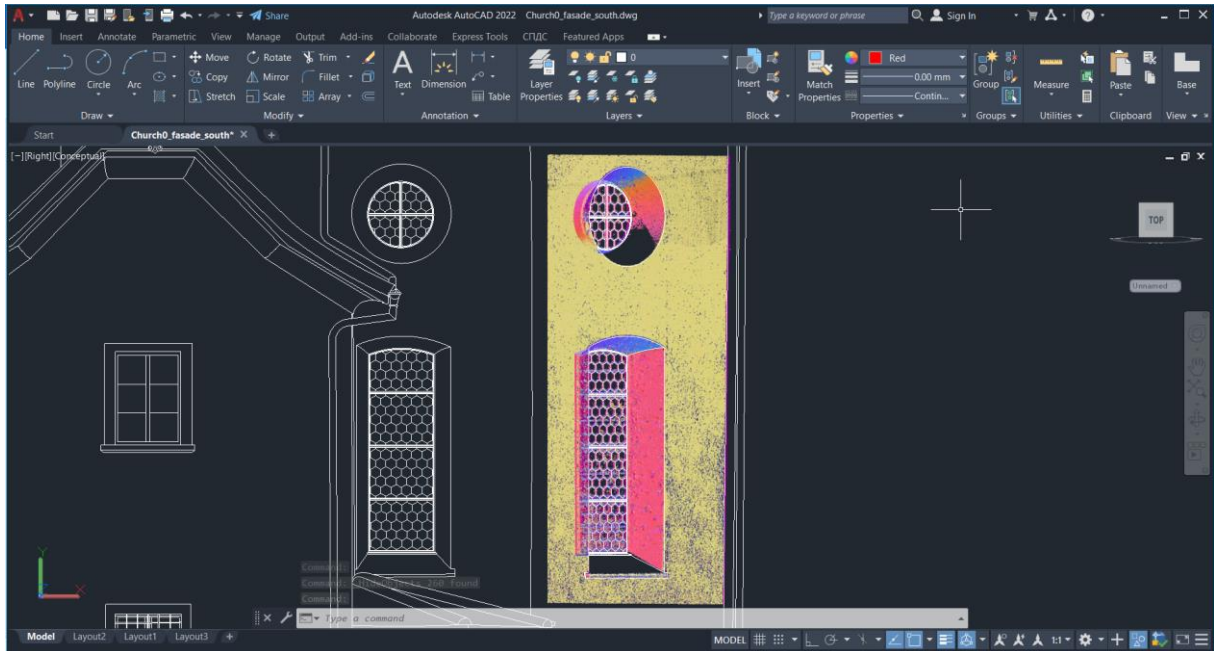


Рис. 3.12 Результат креслення

3.2.4 Моделювання дрібних/деталізованих об'єктів

Якщо по хмарі точок погано видно деякі елементи або ж їх геометричну форму, в такому випадку буде доречно скористатись, як допоміжним, фото матеріалом а також різною стилізацією хмари.



Рис. 3.13 Фігура

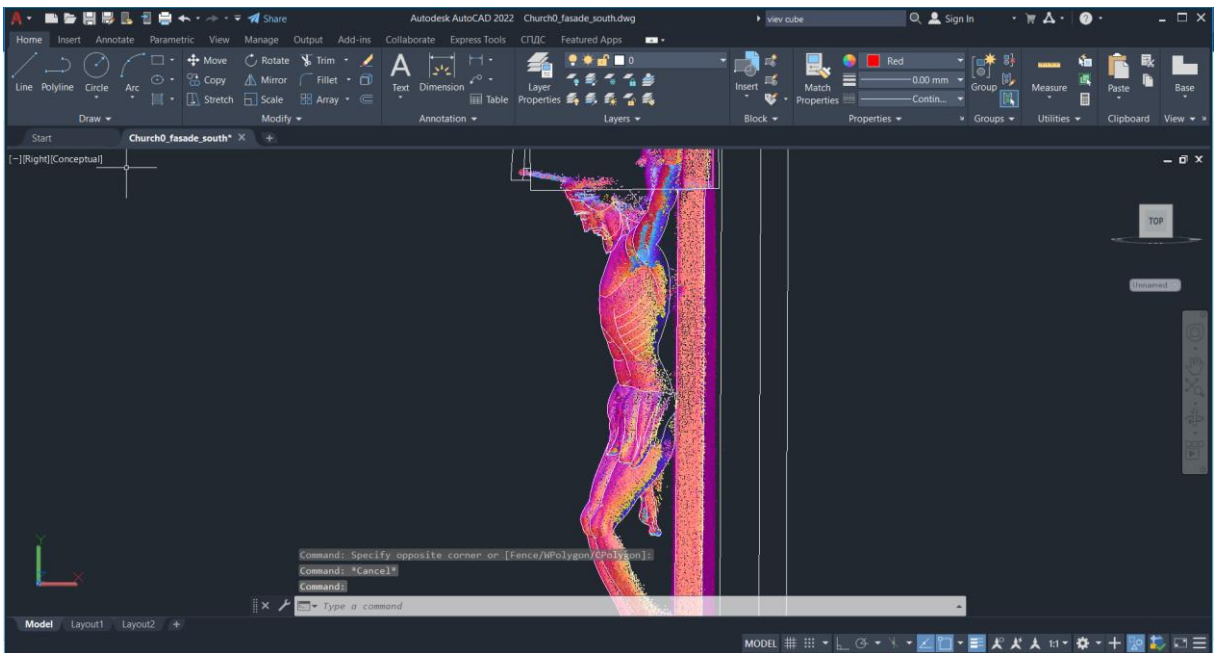


Рис.3.14 Моделювання детальних елементів.

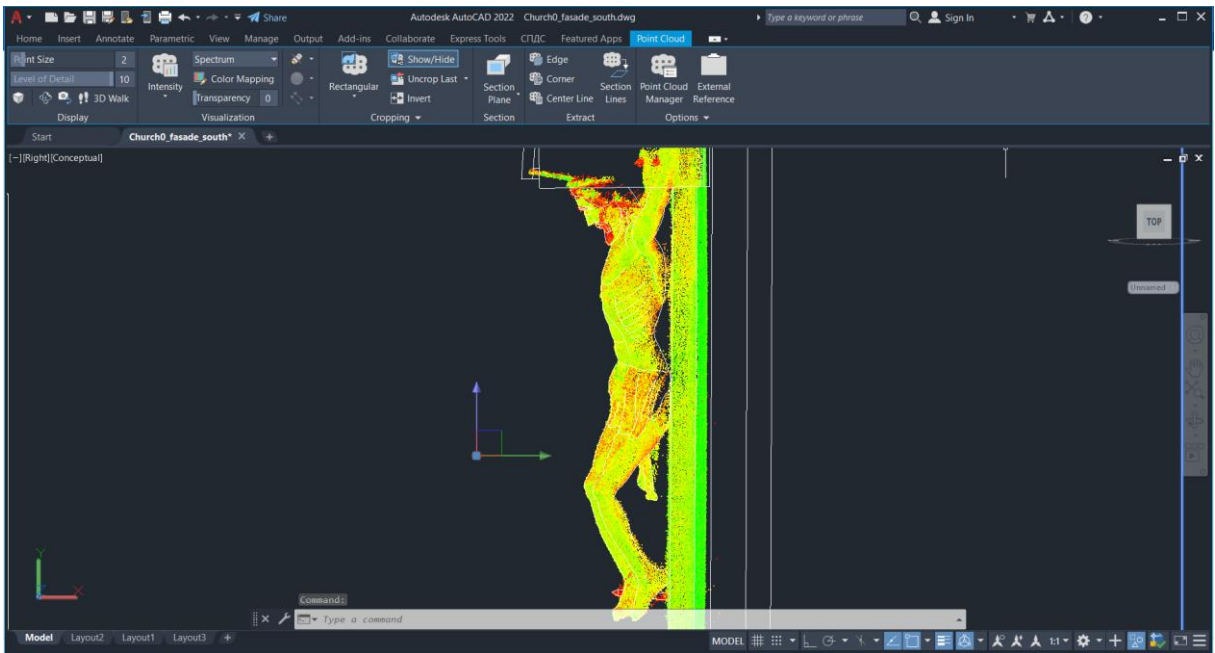


Рис.3.15 Моделювання детальних елементів за допомогою різних стилізацій.



Рис. 3.16 Частина бапти.

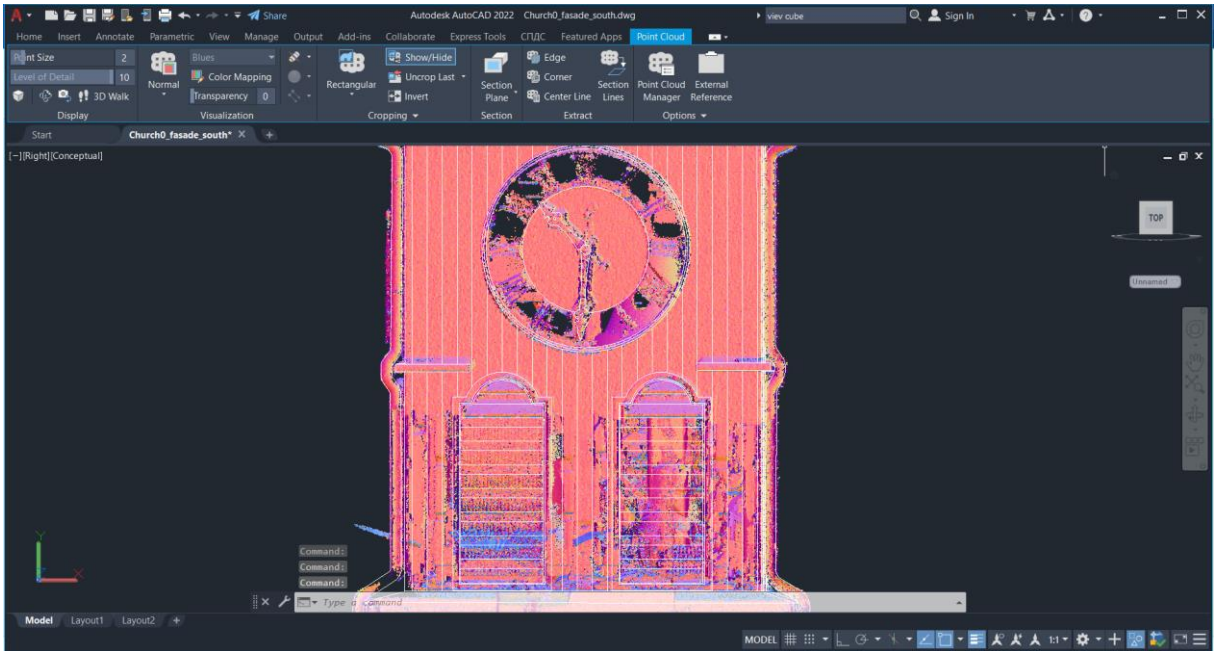


Рис. 3.17 Моделювання детальних елементів.

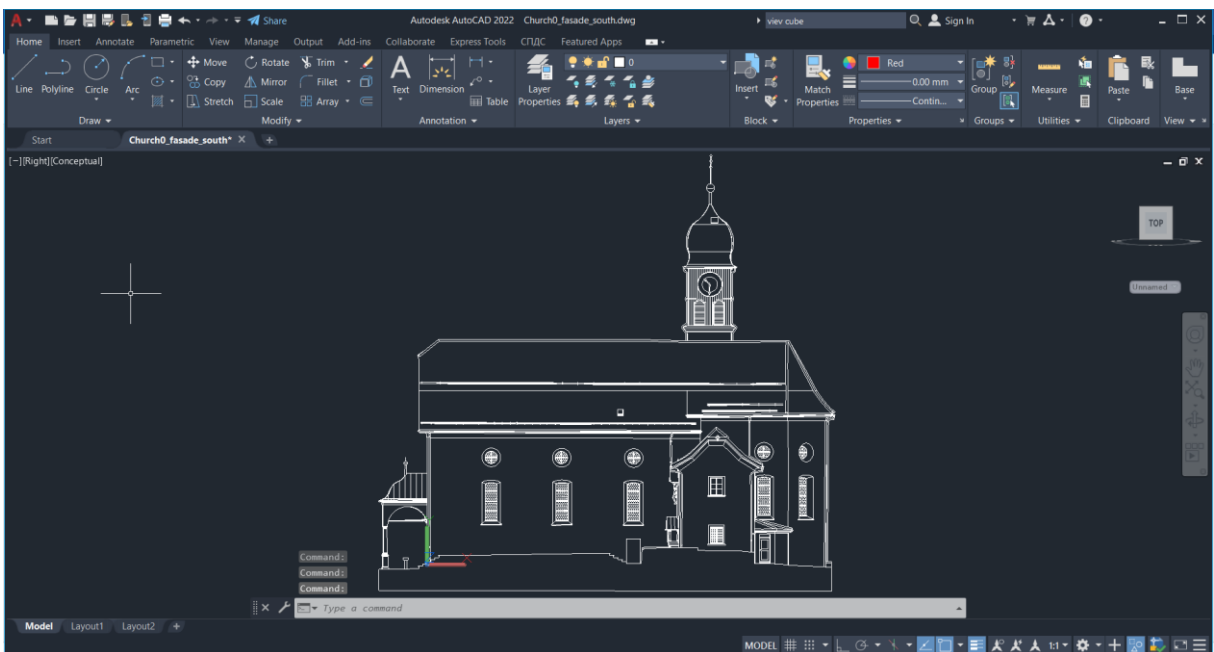


Рис. 3.18 Загальний вигляд 2D моделі фасаду.

3.2.5 Заливка елементів будівлі.

Для кращого уявлення про елементи об'єкту, заштрихуємо їх, використовуючи інструмент Hatch (Штриховка), в шаблонах штриховки обираємо Solid та надаємо відповідного забарвлення, за допомогою онлайн платформи Colorpicker визначаємо RGB кольору. Завантажуємо потрібне фото,

та, наводжуючись курсором, обираємо піксель максимально наближеного до реальності кольору.

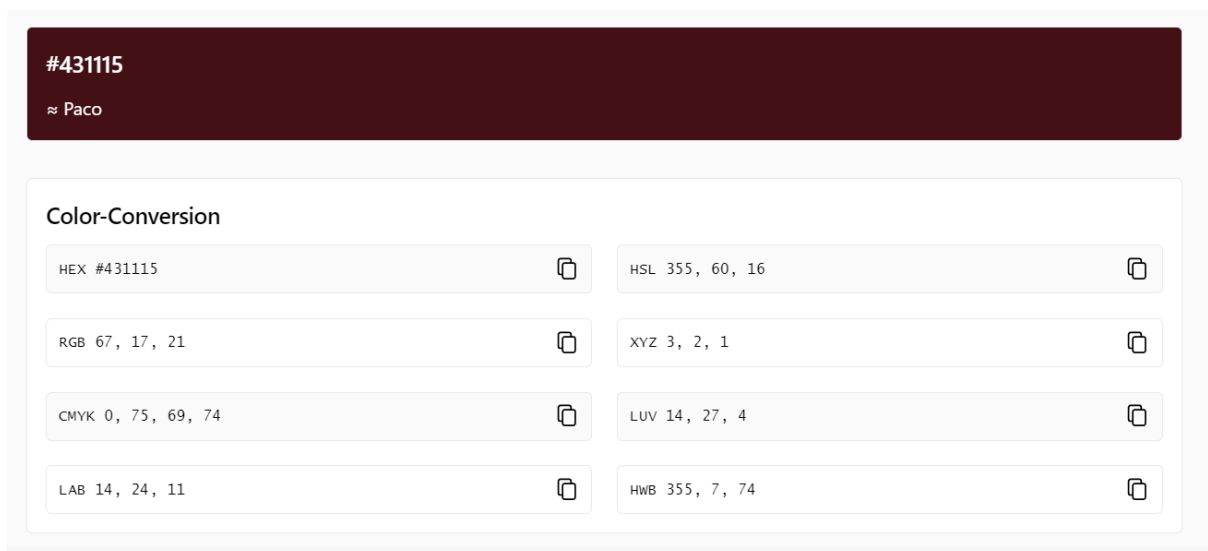
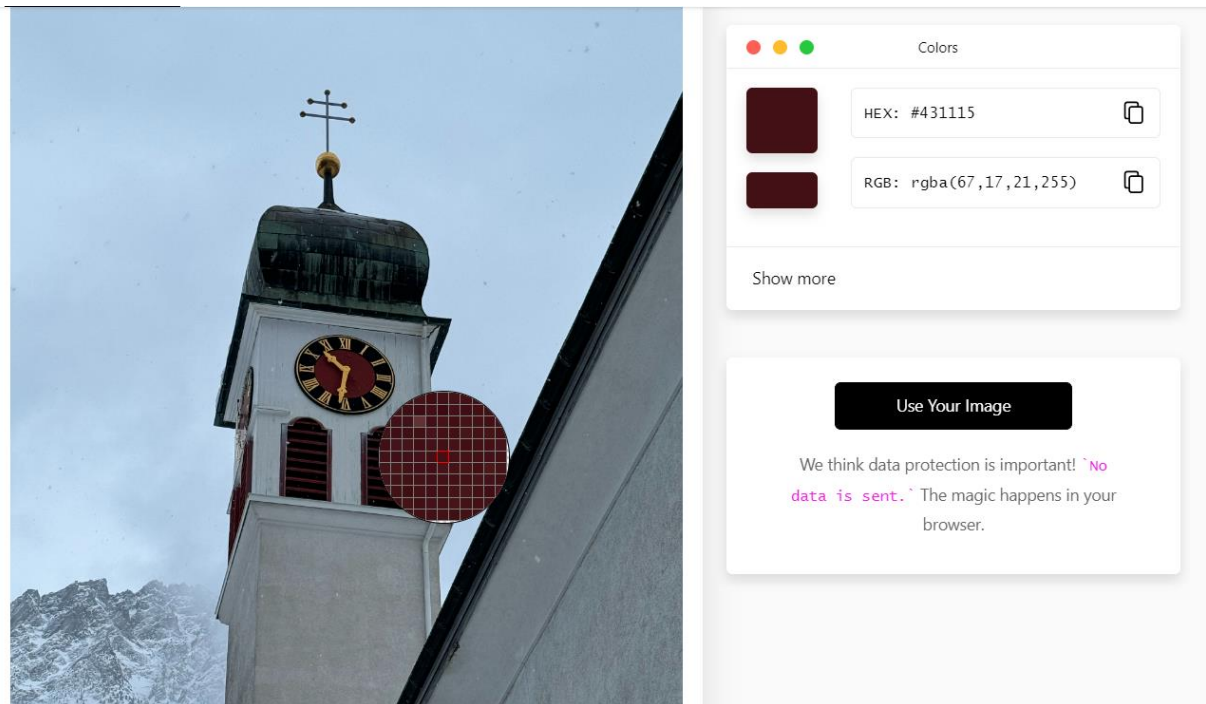


Рис 3.19 Онлайн платформа Colorpicker [22]

Вносимо показники в параметри кольору. Для цього натискаємо на параметри кольору. Далі More Colors > True Color > Color Model, обираємо RGB. Вносимо показники. Таким чином заштриховуємо усі елементи будівлі.

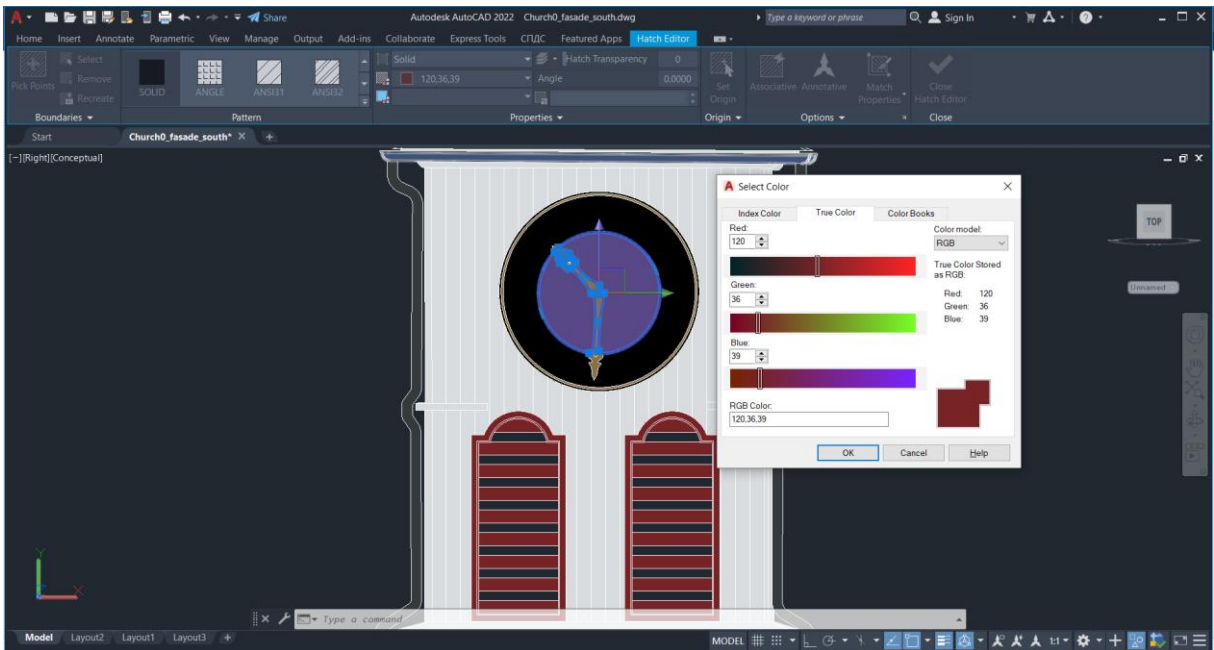


Рис. 3.20 Параметри кольору штриховки

3.2.6 Створення розмірної сітки

Для розуміння масштабу та висоти об'єкту, додамо розмірну сітку, для цього спершу потрібно визначити нуль. Вводимо 0, 0 в координати лінії, та будуємо сітку з інтервалом позначок в 2 метри.

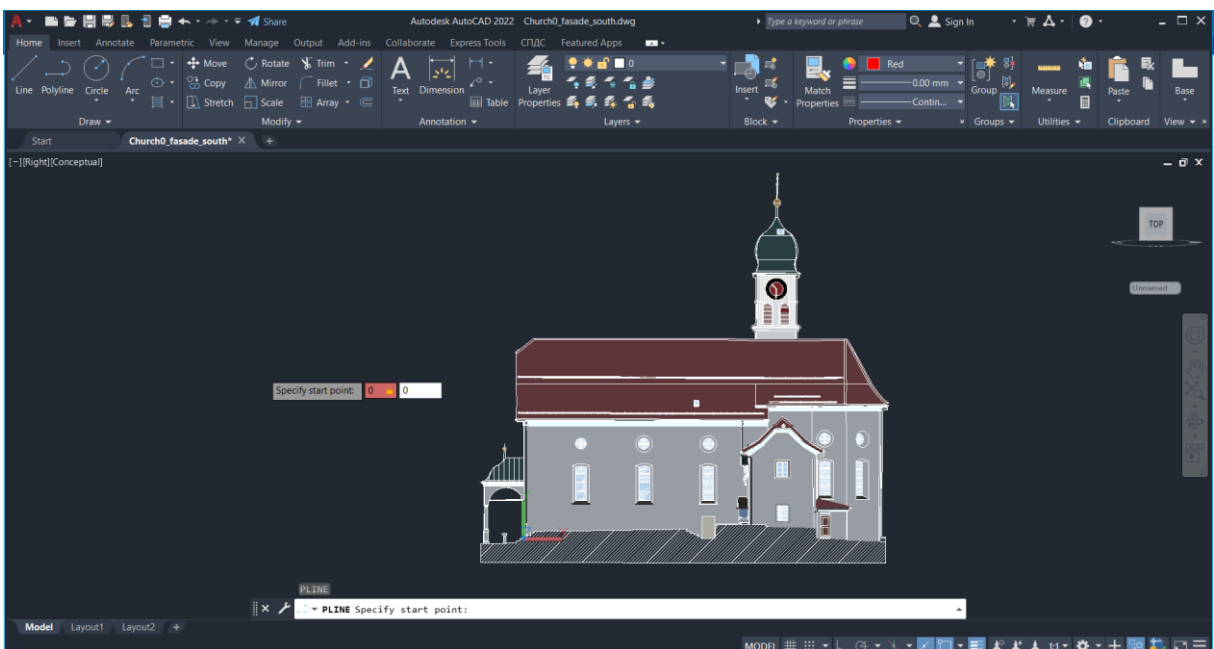


Рис. 3.21 Визначення висоти 0.



Рис. 3.22 Рівень 0.

Тепер, коли в нас є лінія(рівень) «нуль», відштовхуючись від неї, будемо розмірну сітку з горизонтальними осями.

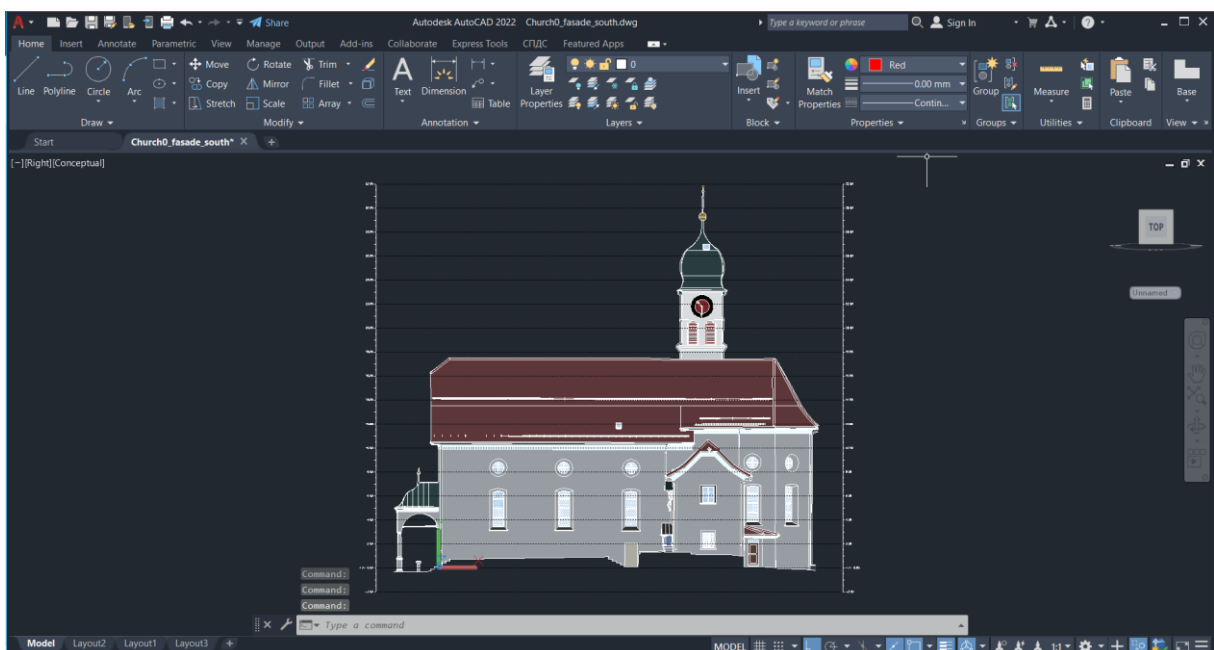


Рис. 3.23 Додавання розмірної сітки до загального креслення.

3.2.7 Візуалізація рівня землі.

Земну поверхню накреслимо у розрізі, покажемо умовну глибину до позначки -2 розмірної сітки, тобто 2 метри та заштрихуємо.

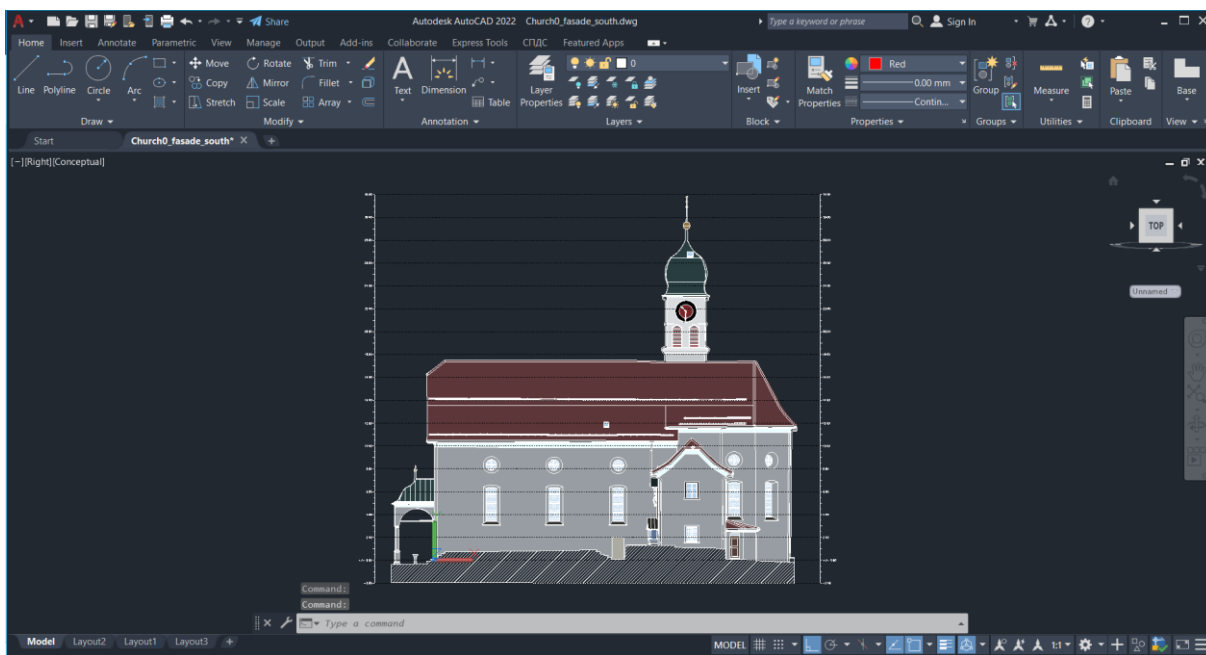


Рис. 3.24 Відображення рівню землі.

3.2.8 Підготовка до створення макету креслення.

В ході заливки/штрихування елементів будівлі, може виникати накладання штриховки на лінії, тому виділяємо усю штриховку креслення, щоб пришвидшити процес вибірки, обираємо один елемент та у вікні інструментів натискаємо Select Similar.

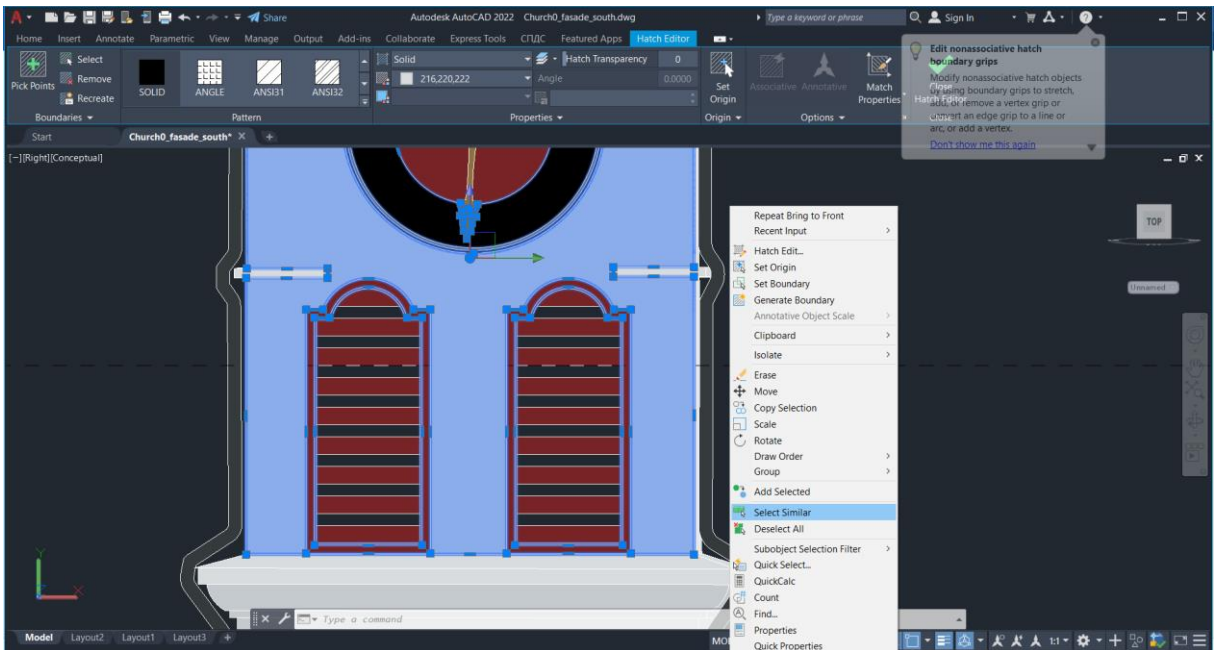


Рис. 3.25 Вибірка схожих елементів.

Після того як усі потрібні елементи виділились, натискаємо Draw Order, для того щоб перемістити штриховку на задній план (Send to Back).

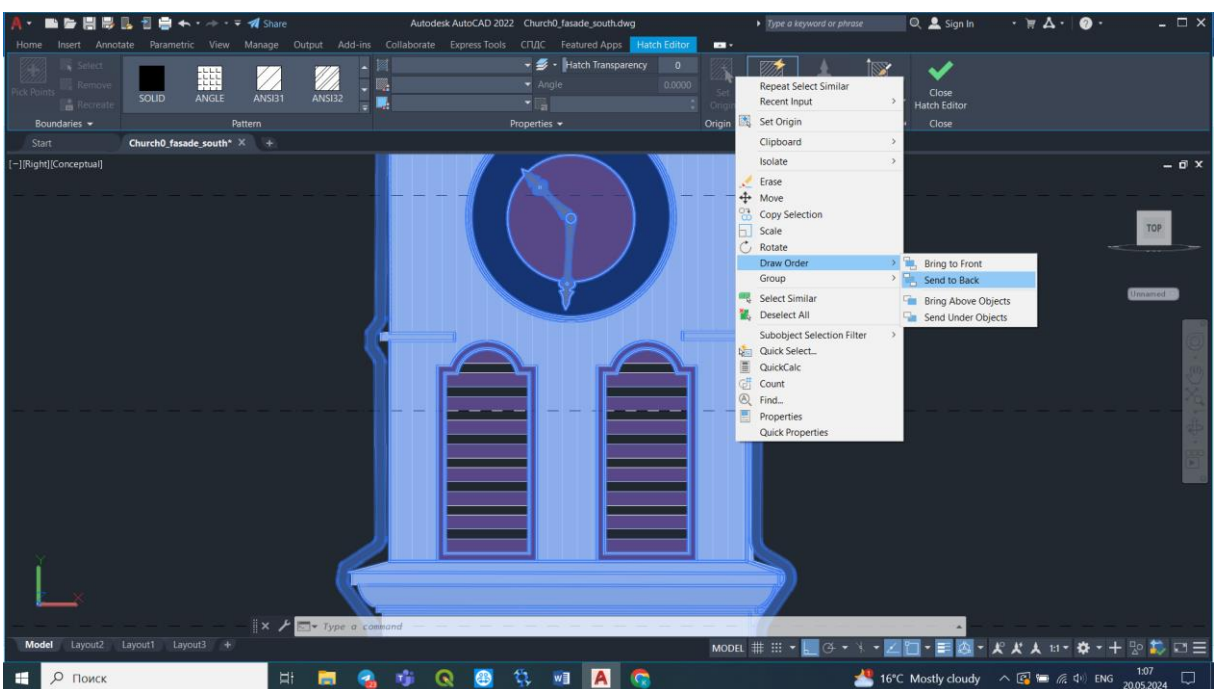


Рис. 3.26 Демонстрація інструменту Draw Order.

Перед створенням макету переконуємось, що всі об'єкти креслення лежать в одній площині, якщо ні, використовуємо інструмент Flatten (Вирівняти).

3.2.9 Створення макету креслення та підготовка до друку.

Створюємо новий лист формату А3, орієнтація - альбомна, розміщуємо на ньому нашу модель у масштабі 5:1, попередньо приховавши хмару точок, додаємо рамку та підписи.

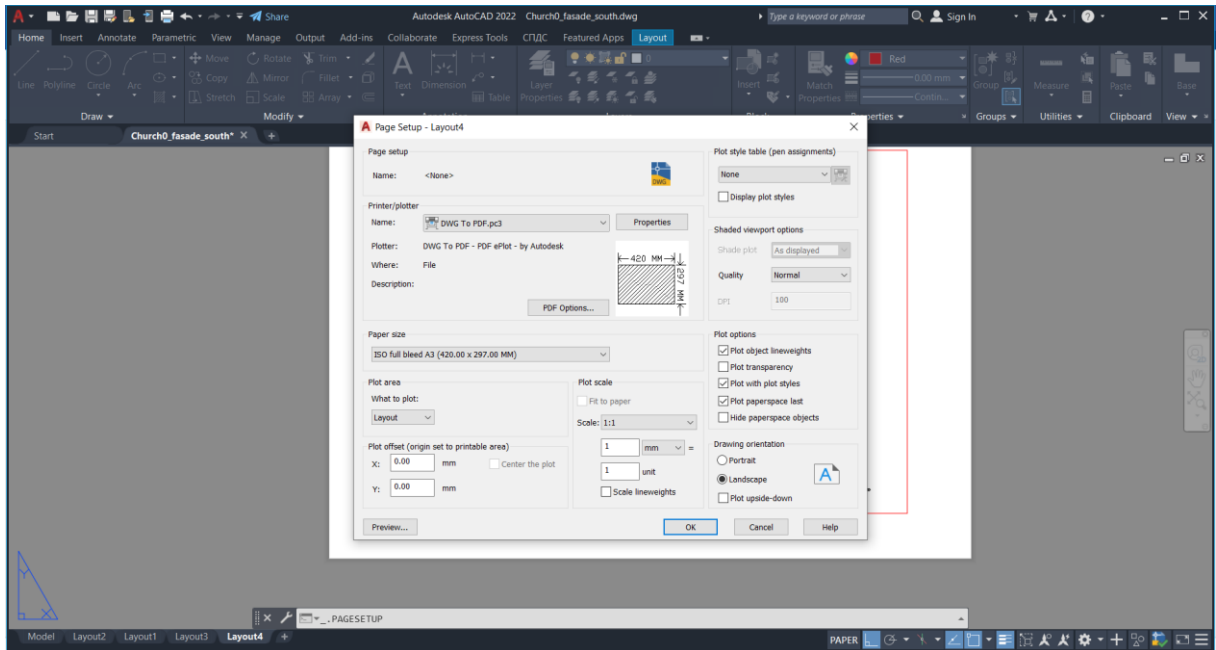


Рис.3.27 Параметри листа.

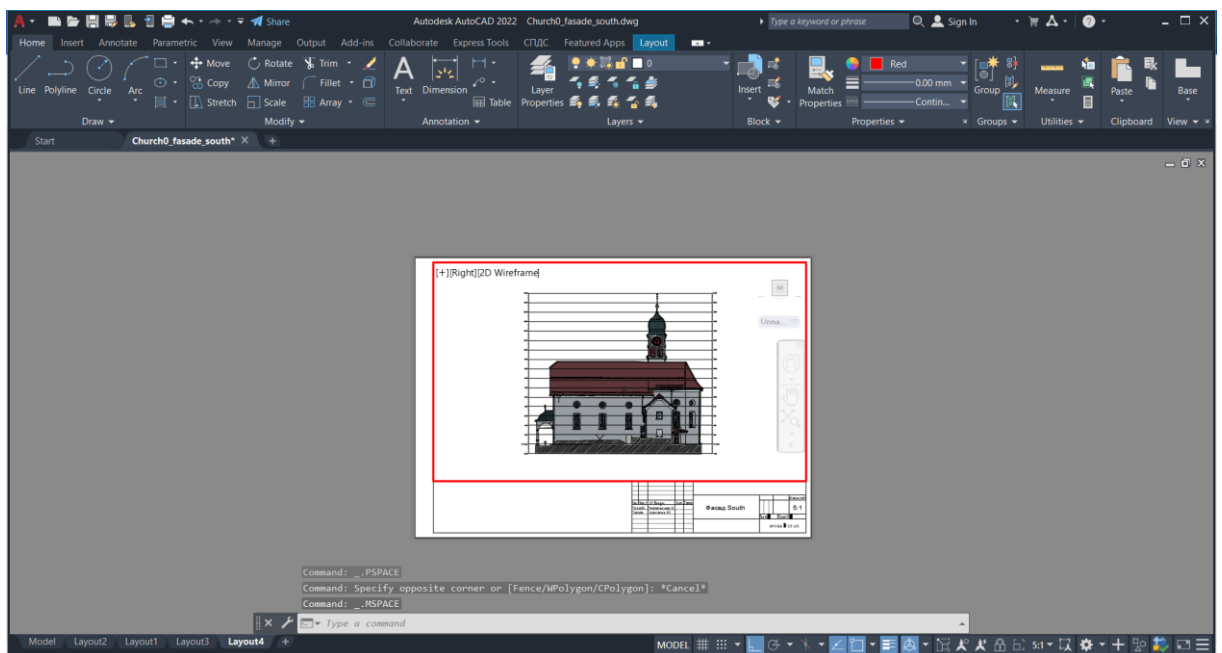


Рис. 3.28 Видове вікно з 2D моделлю

Прибираємо рамку видового вікна.

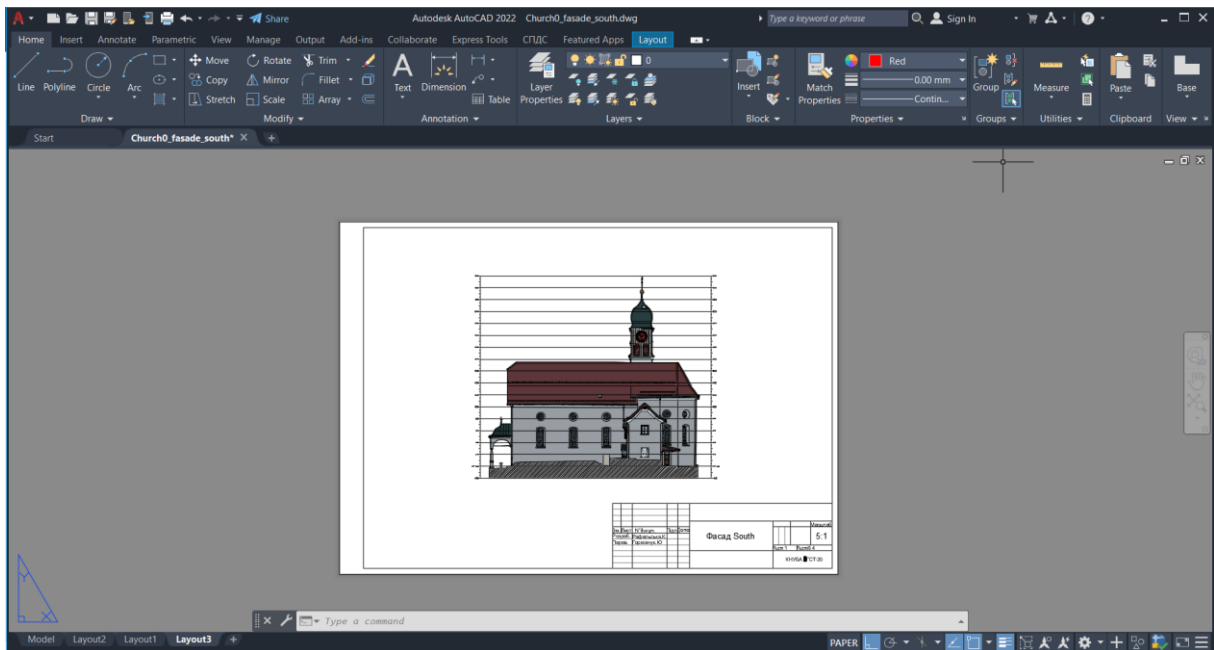


Рис. 3.29 Кінцевий результат макету 2D моделі.

За тим самим принципом креслимо фасади East, West, North.

Макети див. у Додатку.

3.3 Дослідження дрібних елементів споруди

3.3.1 Елементи будівлі

Розглянемо елементи будівлі, які можуть підлягати реставрації:

- Двері, що виготовлені з дуба та обрамлені залізом. Навколо дверей знаходяться детально вирізьблені кам'яні прикраси та декоративні елементи.
- Колони з пісковикау.

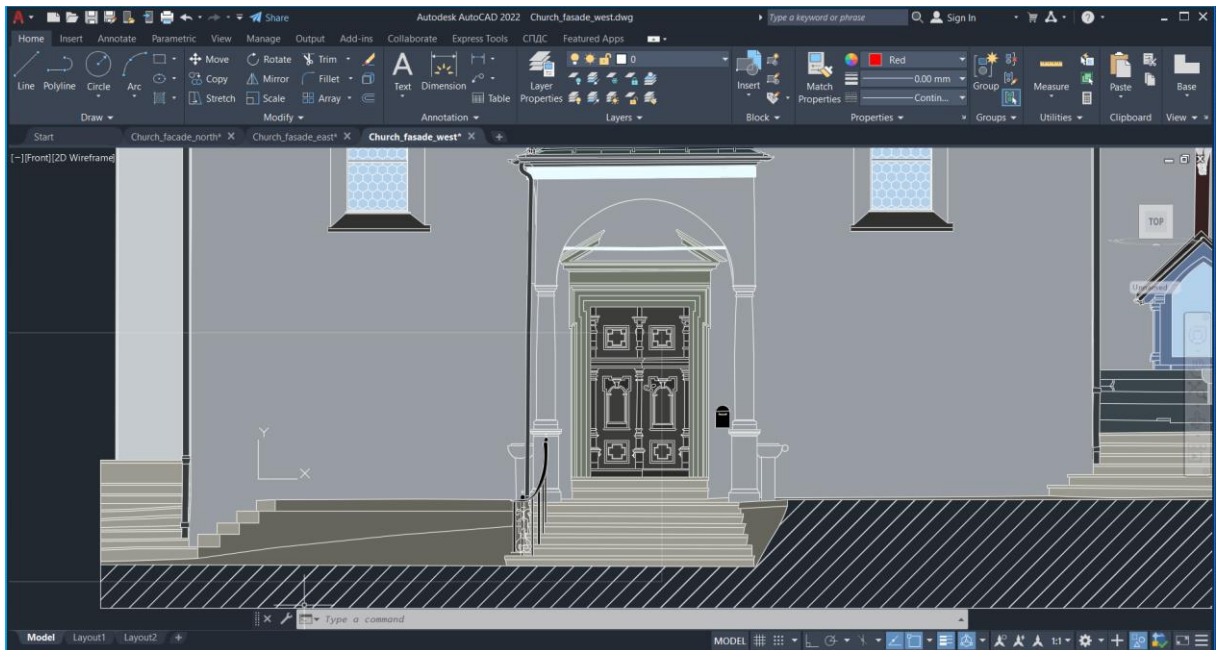


Рис. 3.30 Головний вхід церкви.

- Отвори та вітражі (виготовлені із кольорового скла)

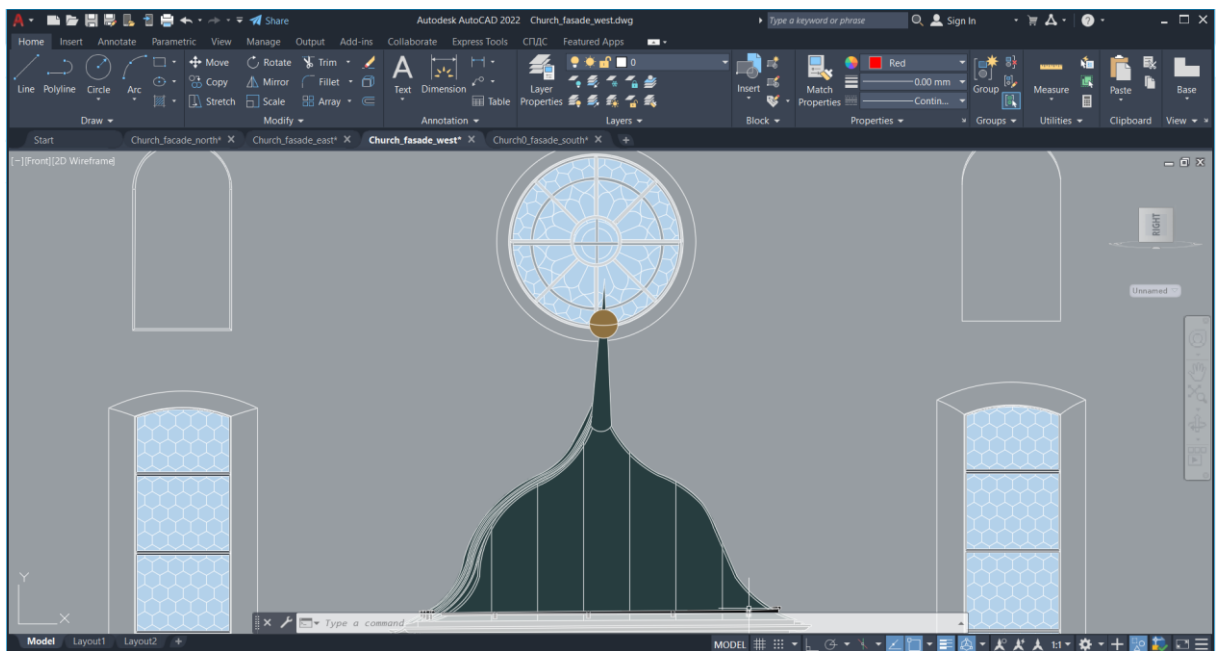


Рис. 3.31 Вітражі.

- Фігури, виготовлені з піщанику, мають фарбове покриття.

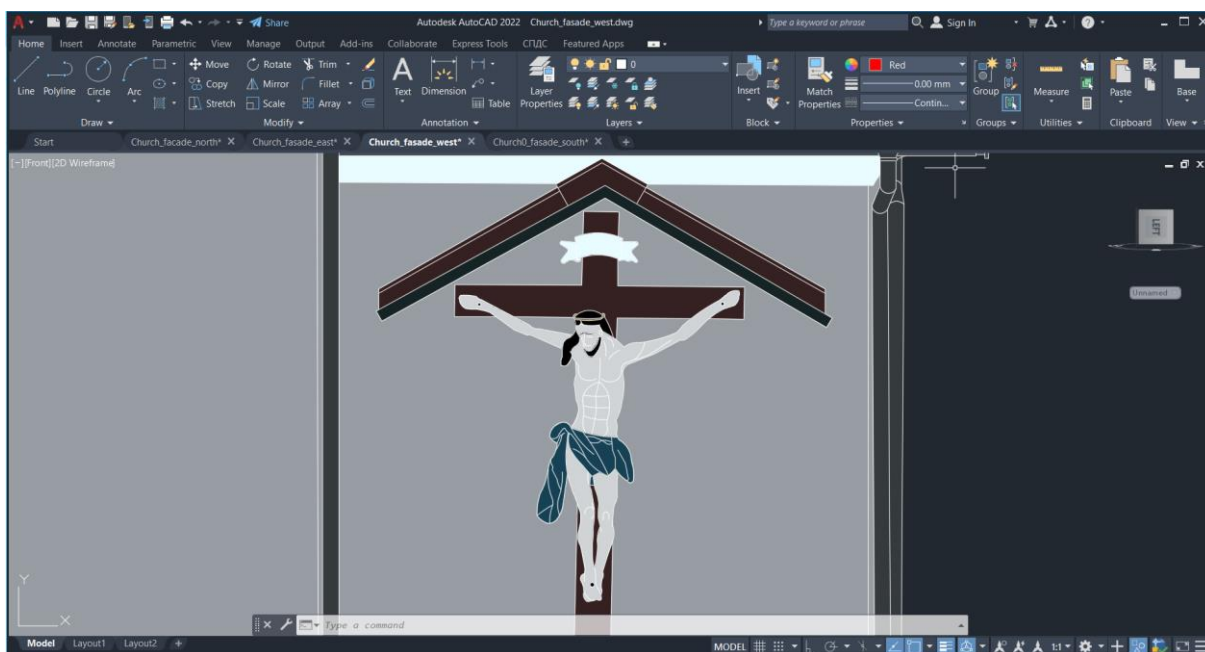


Рис. 3.32 Біблійна фігура.

- Ліпнина (зазвичай виготовляється з гіпсу, вапняку чи пісковика)

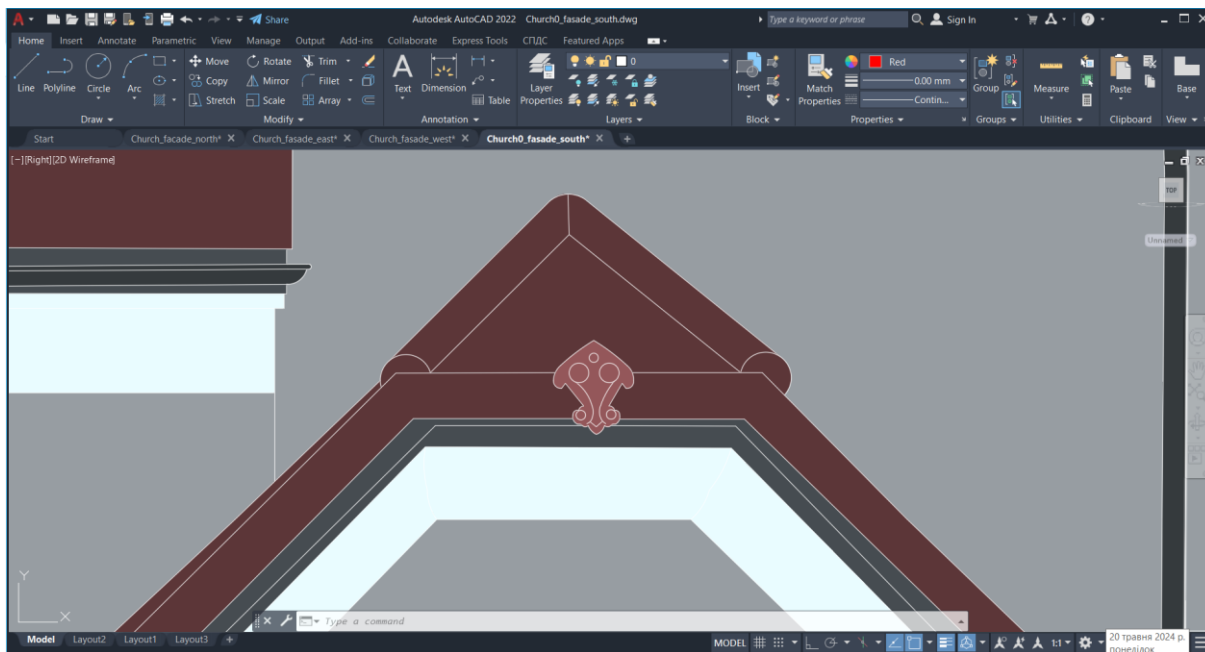


Рис. 3.33 Ліпнина.

3.2.2 Реставрація

Реставрація фасадів передбачає ретельне обміркування всіх деталей щодо проектування реконструкційних/реставраційних робіт та їх безпосереднього виконання.

Реставрація фасадів здійснюється в декілька етапів:

- Очищення поверхні (видалення старої фарби механічним, хімічним або комбінованим способом)
- Ремонт мурування (видалення залишків цементних розчинів)
- Відновлення штукатурного покриття
- Реставрація облицювання
- Оздоблювальні роботи
- Ремонт системи водовідведення
- Відновлення столярних виробів
- Ремонт вимощення
- Вирівнювання відреставрованої поверхні

Реставрація будівель може виконуватися двома основними способами, залежно від їхнього стану. Перший спосіб – це «косметичний ремонт», який включає відновлення окремих частин будівлі. Такий ремонт охоплює штукатурку, закладання тріщин, шпаклівку і реставрацію окремих декоративних елементів. Другий спосіб – це «капітальний ремонт», який передбачає виконання всіх вищезазначених робіт і вимагає більше часу для якісного завершення реставрації.

Важливою частиною процесу реставрації є зміцнення кладки. Цей етап потрібно виконувати після ретельного очищення поверхні від грибків, сольових відкладень, залишків старого облицювання та інших забруднень. Крім того, слід замінити непридатну цеглу або інші пошкоджені матеріали. Для збереження

оригінальної штукатурки використовуються різні матеріали, такі як цементно-вапняна суміш, яка підходить для зміцнення міцних цементних і теразитових штукатурок. Шпаклівка є найефективнішою для підготовки фасадів до декоративного оздоблення штукатурками та фарбами. Найбільш популярними матеріалами для реставрації є керамограніт і композитні матеріали. Для обробки фасадів історичних будівель, зведених із застосуванням цементних сумішей і декоративних штукатурок, добре підходять декоративні полімерцементні та силікатні штукатурки.

Сьогодні реставрація фасадів набуває великої популярності серед споживачів, оскільки дозволяє зберегти нашу історичну спадщину. Повна реконструкція будівлі може бути витратною, і вартість залежить від обсягу робіт та використовуваних матеріалів. Однак такі інвестиції часто є виправданими, оскільки збереження історичних і культурних пам'яток має важливе значення не лише з естетичної, але й з культурної та історичної точки зору. [17]

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

У третьому розділі розглянуто об'єкт дослідження - Вассенська церква (нім., Wassen Kirke) яка була збудована у 1200х роках у романському стилі з типовими масивними стінами та вузькими вікнами. Архітектурно відзначається своєю кам'яною кладкою і дерев'яними елементами, будівля має великі та маленькі округлі вікна, черепичний дах та високий шпиль. Вассенська церква складається з семи частин: нефу, апсиди, трансепту, башти, хору, каплиці та клірісторію.

Розглянули потребу у реконструкції/реставрації об'єкту, яка полягає у збереженні історичної спадщини, екологічному аспекті, архітектурній цінності, соціально-культурному значенні, та туристичній привабливості.

Вихідними даними була зшита хмара точок і по закінченню моделювання ми отримали чотири виконавчі креслення, що відображають існуючі елементи будівлі. Креслення виконані у системі координат WGS-84, з точністю до 1 см у масштабі 1:50, деякі елементи у М1:20. Товщина ліній 0,001 мм. Товщина штриховки 0,001 мм., що відповідає вимогам технічного завдання.

ВИСНОВКИ

Дипломна робота присвячена моделюванню об'єктів культурної спадщини із застосуванням наземного лазерного сканування. Актуальність технології полягає у високій точності і швидкості збору даних, ефективності планування реставраційних робіт та збереженню точних цифрових копій об'єктів, які забезпечують можливість для наукових досліджень без фізичного втручання інженерів та реставраторів.

У теоретичній частині дипломної роботи було розглянуто такі розділи та питання: поняття про об'єкт культурної спадщини та його класифікацію, реконструкцію, сучасні методи дослідження, а також їх порівняльний аналіз, загальну схему реконструкції із застосуванням наземного лазерного сканування, а також вимоги до виконавчих креслень та що вони мають містити.

Практична частина дипломної роботи присвячена розробці виконавчих креслень для об'єкту культурної спадщини з точністю до 1 см, у масштабі 1:50 в поєднанні з 1:20 в програмному забезпеченні AutoCAD.

Таке високоточне моделювання є основою для реалізації проекту реконструкції/реставрації, планування ресурсів, забезпечення відповідності будівельним нормам та контролю якості робіт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1805-14#Text>
2. Державні будівельні норми України: [Що таке Реконструкція? Визначення за ДБН А.2.2-3:2012 Проектна документація для будівництва \(dbn.co.ua\)](#)
3. Принципи рекреаційного використання: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/bitstream/123456789/8729/1/Miakenka.pdf>
4. Компанія Gold Art Line: <https://goldartline.com/ua/restavraciya-pamyatnikov-istorii-i-kultury/>
5. Становлення української реставраційної школи: <https://repository.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/2aa0c22f-aa53-43e9-b19a-bacd685a7eab/content>
6. Основи реставрації: <https://kvpubd.kiev.ua/wp-content/uploads/2021/10/uroki-19-20-41-gr.19.10.2021-osnovi-restavraczi%D1%97.pdf>
7. Архітектурне бюро А: <https://archburo.com.ua/proekt-rekonstrukcii/>
8. Обстеження будівель і споруд: [Обстеження будівель і споруд — 7 основних етапів обстеження технічного стану конструкцій + 4 способу як заощадити на обстеженні будівель і споруд \(bigenergy.com.ua\)](#)
9. Безпілотний літальний апарат: <https://ii1.su/R2PZd>
10. Використання безпілотних літальних апаратів для обстеження будівель і споруд: [Використання безпілотних літальних апаратів для обстеження будівель і споруд \(tntu.edu.ua\)](#)
11. Технічне обстеження будівель і споруд: [Технічне Обстеження Будівель і Споруд | Правила \(geospektr-7.com.ua\)](#)
12. Geomonitor: <https://ii1.su/C4jP3>
13. Leica Geosystems: <https://ii1.su/q7Tdp>

14. Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, особливості наземного лазерного сканування на місцевості та за допомогою віртуального симулятора VRSCAN3D: <https://ii1.su/00w6b>

15. Фотограмметрія: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D1%96%D1%8F>

16. Геодезія, геологія, топозйомка: <https://ii1.su/qNK9Q>

17. Центр утеплення: <https://domteplo.com/news/restavratsiya-fasadiv>

18. Репозитарій КНУ: <https://ir.library.knu.ua/bitstreams/b44eed08-e355-48af-9e33-80bf2844890b/download>

19. СУЧАСНЕ ПРОМИСЛОВЕ ТА ЦИВІЛЬНЕ БУДІВНИЦТВО: http://donnasa.ru/publish_house/journals/spgs/2016-3/04_shevchenko_gura_glazkov.pdf

20. Дослідження точності хмари точок методом наземного лазерного сканування: [Дослідження точності хмари точок методом наземного лазерного сканування | Наукові журнали та конференції \(ipnu.ua\)](#)

21. Державні будівельні норми України: https://e-construction.gov.ua/files/new_doc/3021988218087146997/2023-01-24/ab5ef925-9b5e-4ae7-8769-05973b612bd3.pdf

22. Colorpicker: <https://imagecolorpicker.com/>

23. Правила оформлення та виконання креслень: https://nmetau.edu.ua/file/navch._posibnik_ch.1.pdf

24. Фотоматеріал: <https://www.flickr.com/photos/40826712@N00/8064018398/in/photostream/>

ДОДАТКИ

СКЛАД ТА ЗМІСТ ІСТОРИЧНОЇ (ІСТОРИКО-АРХІТЕКТУРНОЇ) ДОВІДКИ

1. Текстова частина включає основну частину та додатки.

1.1. В основній частині подаються:

- визначення меж ділянки дослідження;
- загальні відомості про історичний та містобудівний розвиток місцевості, де розташована пам'ятка із визначенням основних характеристик сучасної містобудівної ситуації навколо неї;
- інформація про охоронний статус пам'ятки та території, на якій вона розташована;
- інформація про формування пам'ятки в хронологічних межах наявних архівних матеріалів;
- короткі відомості про замовника будівництва, первісну функцію пам'ятки.
- короткі біографічні відомості про архітекторів, скульпторів, художників, архітектурну школу, в окремих випадках – відомості про організації, які брали участь у створенні пам'ятки, включаючи її історичні нашарування, а також відомості про визначних діячів, які пов'язані з історією існування пам'ятки;
 - відомості про історичні події, пов'язані з пам'яткою;
 - аналіз розпланувально-просторового та стильового вирішення пам'ятки з визначенням її історико-культурної цінності;
 - науково обґрунтована атрибуція пам'ятки: авторство, дата будівництва із зазначенням дат наступних історичних нашарувань, реставрації;
 - науково обґрунтоване визначення історичної, мистецької, культурної, художньої та іншої цінності пам'ятки загалом, її складових частин та елементів;
 - короткі відомості про археологічні дослідження, які проводились у межах досліджуваної території.
- рекомендації щодо збереження (відтворення) історико-культурного потенціалу.

1.2. Додатки містять:

- виписки з історико-архівних джерел;
- перелік архівних та літературних джерел;
- перелік ілюстрацій.

2. В ілюстративній частині подаються:

- історичні та сучасні плани території, на якій розташована пам'ятка;
- іконографічні матеріали (фотокопії творів образотворчого мистецтва, архівні фотографії об'єкта дослідження та місцевості, прилеглої до його місця розташування);
- фотокопія проектних рішень, а за їх відсутності – пізніші обміри, аналоги;
- фотокопії історико-архівних документів території (описи, плани, купчі);
- сучасні поповерхові плани пам'ятки.

Примітка. За відсутності проектних креслень, даних про дату (час, період) будівництва пам'ятки, автора, відомостей про будівельні періоди, а також інших конкретних матеріалів наводяться загальні характеристики та іконографія історичної місцевості, оцінка історико-культурної цінності об'єкта дослідження в контексті розвитку вітчизняної архітектури.

Форма 6

м. _____

" ____ " _____ 20__ р.

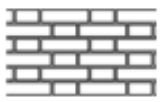
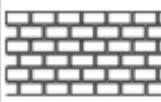
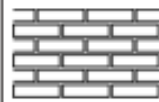
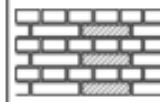
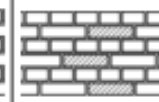

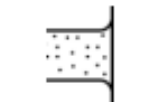
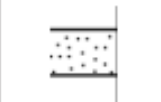








КАРТКА
фіксації характеристик кладки (мурування)

№ _____

Назва об'єкта (згідно з Державним реєстром або Переліком пам'яток)

Місце розташування об'єкта (адреса)

Датування пам'ятки (документальне)

№ з/п	Назва робіт						Результат фіксації
1.	Місце влаштування зондажу (шурфа)						
2.	Опис зондажу (шурфа) та спосіб їх виконання						
3.	Тип перев'язки кладки (вибрати потрібне)						
	верстова	тичкова	ложкова	ланцюгова	хрестова	інший	
							
4.	Розмір цегли (мм):						
4.1.	Д1 × Ш1 × В1						
4.2.	Д2 × Ш2 × В2						
4.3.	Д3 × Ш3 × В3						
5.	Метод виготовлення цегли (ручне, машинне)						
6.	Метод обробки шва (вибрати потрібне)						
	затирка	"підшкрібка"	розшивка кутник	розшивка "викружка"	подвійна підрізка	прорізка	
							
	розшивка валик	підрізка	пустошовка	необроблений	інший	інший	
							
7.	Висота шва						
7.1.	Шв ₁						
7.2.	Шв ₂						
8.	Характеристика розчину (вапно, цем'янка, цемент, складний розчин, не встановлено, інше)						
9.	Наявність клейм на муруванні (кладці)						
9.1.	Місця розташування клейм (на ложку, на постелі, на тичку)						
9.2.	Характер клейма (симетричне, асиметричне)						
10.	Сума 10 рядів цеглин з 10 рядами швів (мм)						

Форма 1

**АКТ
ОГЛЯДУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПАМ'ЯТКИ***

м. _____ " ____ " _____ 20__ р.

Назва об'єкта (згідно з Державним реєстром або Переліком пам'яток)

Місце розташування об'єкта (адреса).

Ми, комісія у складі замовника _____, науково-проектної організації _____ склали даний акт про те, що " ____ " _____ 20__ р. нами проведено огляд технічного стану пам'ятки.

В результаті проведеного огляду технічного стану пам'ятки (її частини або елементів) встановлено:

1. Загальний стан пам'ятки:

2. Коротка характеристика пам'ятки:

3. Стан зовнішніх архітектурно-конструктивних та декоративних елементів:

4. Стан внутрішніх архітектурно-конструктивних та декоративних елементів:

5. Стан живопису:

6. Характеристика прилеглої території:

ВИСНОВКИ:

ДОДАТКИ:

Підписи:

Представник замовника

Представник проектної організації

* Дана форма акта технічного стану пам'ятки застосовується й для щойно виявлених об'єктів культурної спадщини.

Форма 3

**АКТ
ВИЗНАЧЕННЯ ВТРАТ ПАМ'ЯТКИ***

м. _____ " ____ " _____ 20__ р.

1. Назва об'єкта (згідно з Державним реєстром або Переліком пам'яток).
2. Місце розташування об'єкта (адреса).
3. Коротка характеристика пам'ятки та прилеглої території (з зазначенням загальної збереженості та історично цінних або характерних елементів):
4. Об'єми пам'ятки, м³:
 - існуючий (V1)
 - втрачений (V2)
 - загальний (V1 + V2)
5. Максимальні габарити, м:
 - в плані
 - висотні
6. Площа забудови пам'ятки, м²
7. Площа ділянки проектування, м²
8. Визначення величини втрат пам'ятки

Ми, комісія у складі представників органу охорони культурної спадщини _____, замовника _____, проектної організації _____ склали цей акт про те, що основні елементи пам'ятки мають наступний відсоток зносу (втрат):

№ з/п	Елементи будинку	Питома вага елемента Y _e , %	Фізичний знос елемента Ф _e , %	Знос елемента будівлі, Y _e $\frac{Ф_e}{100}$ (%)
1	2	3	4	5
1.	Фундаменти			
2.	Стіни, перегородки			
3.	Перекриття			
4.	Покриття даху			
5.	Підлоги			
6.	Сходи			
7.	Вікна та двері			
8.	Внутрішнє оздоблення			
9.	Інженерне обладнання			
10.	Інші елементи			
	Всього			

* Дана форма акта визначення втрат пам'ятки застосовується й для щойно виявлених об'єктів культурної спадщини. "Акт визначення втрат пам'ятки" відповідає "Акту втрати первісного вигляду пам'ятки", роботи зі складання якого визначаються згідно з Тимчасовим збірником цін на науково-проектні роботи по нерухомих пам'ятках історії та культури Української РСР (ТЗЦНІПР-91) [32] і діє у перехідний період до часу прийняття стандарту щодо розрахунку кошторисної вартості науково-дослідних робіт та науково-проектної документації на збереження пам'яток та робіт з їх розроблення, а також стандарту щодо визначення рівня складності для реставрації пам'яток архітектури та містобудування.

Форма 4

ЗАТВЕРДЖЕНО

(назва організації, що затверджує)

(посада, підпис, ініціали, прізвище)

" __ " _____ 20__ р.

ДЕФЕКТНИЙ АКТ

м. _____ " __ " _____ 20__ р.

На _____
(вид робіт)

(найменування пам'ятки)

Умови виконання робіт _____

Обсяги виконання робіт

№ з/п	Найменування робіт	Одиниця виміру	Кількість	Примітки
1	2	3	4	5

від підрядної організації

(назва організації, посада, П.І.Б., підпис)

від проектної організації

(назва організації, посада, П.І.Б., підпис)

від замовника

(назва організації, посада, П.І.Б., підпис)

ГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ



Міністерство освіти та науки України
Київський національний університет будівництва та
архітектури



Дипломна робота на тему:
**«Застосування лазерного знімання для
реконструкції об'єктів культурної
спадщини»**

ВИКОНАЛА: СТУДЕНТКА ГРУПИ ГСТ-20
РАФАЛЬСЬКА К.Б
КЕРІВНИК: ДОЦ., К.Т.Н.
ГОРКОВЧУК Ю.В.

Київ 2024

Мета дипломної роботи:

- ▶ Мета дипломної роботи полягає у застосуванні технологій лазерного сканування для реконструкції ОКС

Завдання:

- ▶ вивчення та впровадження інноваційних методів і технологій для документування, збереження та відтворення цінних історичних об'єктів
- ▶ Моделювання ОКС за результатами наземного лазерного сканування

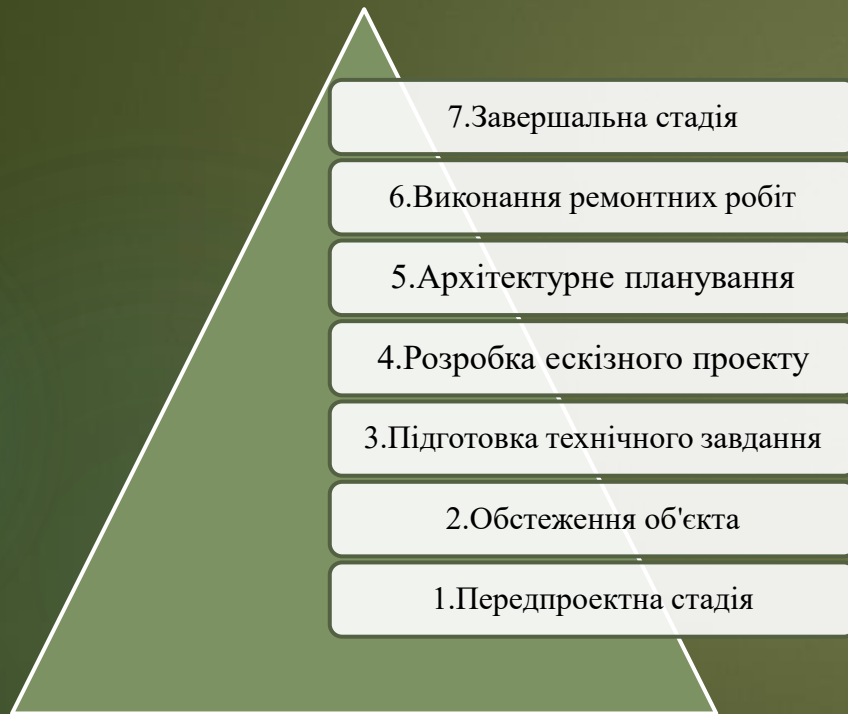
Інституційні основи реконструкції ОКС

ОКС - Об'єкт культурної спадщини - визначне місце, споруда, комплекс, їхні частини, пов'язані з ними рухомі предмети, а також території чи водні, інші природні, природно-антропогенні або створені людиною об'єкти незалежно від стану збереженості, що донесли до нашого часу цінність з археологічного, естетичного, етнологічного, історичного, архітектурного, мистецького, наукового чи художнього погляду і зберегли свою автентичність;

Реконструкція ОКС - перебудова введеного в експлуатацію в установленому порядку об'єкту будівництва, яка передбачає зміну його геометричних розмірів та/або функціонального призначення, основних техніко-економічних показників.



Етапи проекту реконструкції та технічне обстеження



Етапи реконструкції

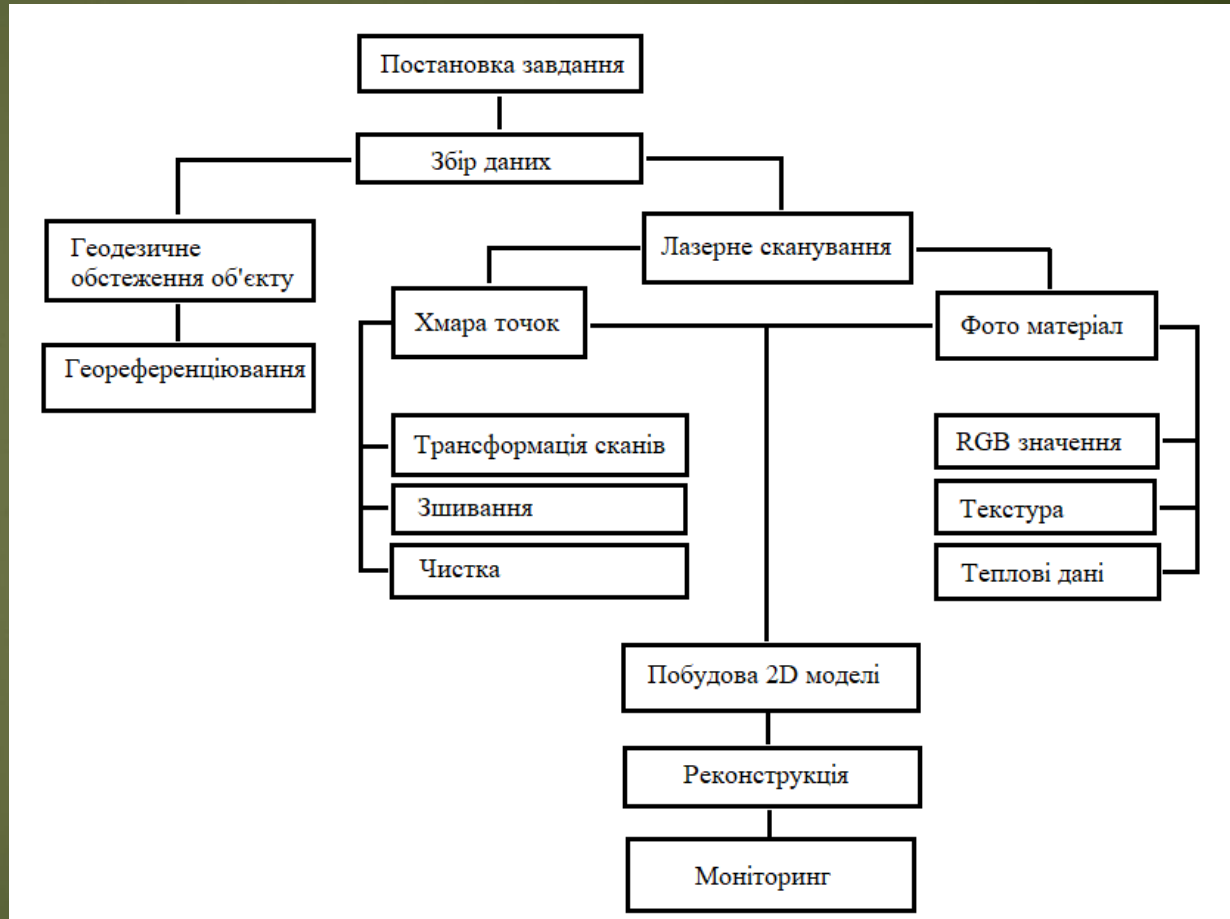


Технічне обстеження об'єкту культурної спадщини

Методи технічного обстеження	Переваги	Недоліки
БПЛА	<ul style="list-style-type: none"> - можуть знімати важкодоступні ділянки, не потребуючи значної підготовки території. - знімання можна провести швидко, що важливо для великих об'єктів. - сучасні камери дозволяють отримувати детальні зображення. 	<ul style="list-style-type: none"> - робота залежить від погоди, особливо від вітру та опадів. - час роботи батарей обмежений, що може впливати на продуктивність. - потрібні дозволи для польотів у деяких зонах.
Лазерне сканування	<ul style="list-style-type: none"> - лазерні сканери забезпечують дуже точні вимірювання з міліметровою точністю, що є критичним для детальної реконструкції. - великий обсяг даних збирається за короткий час, що дозволяє швидко отримати точну модель будівлі. - лазерні сканери можуть працювати в будь-який час доби та за різних умов освітлення. 	<ul style="list-style-type: none"> - лазерне сканування є дорогим методом, що може обмежити його використання для менших проектів. - обробка хмари точок вимагає потужних комп'ютерів та спеціалізованого програмного забезпечення.
Фотограмметрія	<ul style="list-style-type: none"> - використання звичайних камер робить метод дешевшим та доступнішим, що важливо для проектів з обмеженим бюджетом. - може бути виконано без спеціального обладнання, лише за допомогою фотоапарата чи навіть смартфона. - підходить як для великих, так і для дрібних об'єктів. 	<ul style="list-style-type: none"> - точність залежить від якості зображень та програмного забезпечення для обробки, і зазвичай нижча, ніж у лазерного сканування. - потребує доброго освітлення для отримання якісних зображень. - обробка зображень може займати більше часу порівняно з лазерним скануванням.

Сучасні підходи до технічного обстеження об'єкту культурної спадщини та порівняльний аналіз методів.

Реконструкція за даними лазерного сканування та обробка даних



Вимоги до створення технічної документації

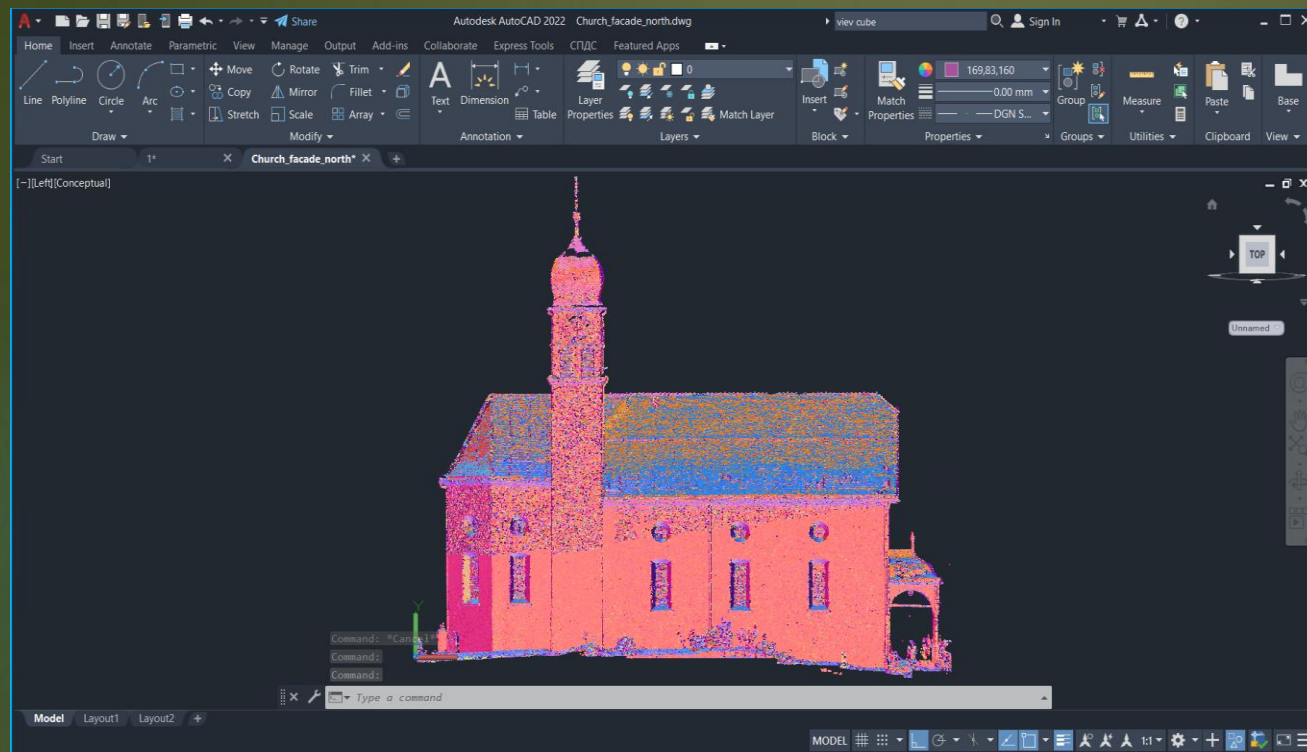


Відомості про досліджуваний об'єкт

Wassen Kirche (Вассенська церква) ,
Вассер , кантон Урі , Швейцарія.

Була побудована в 1200х роках
Виконана в романському стилі.



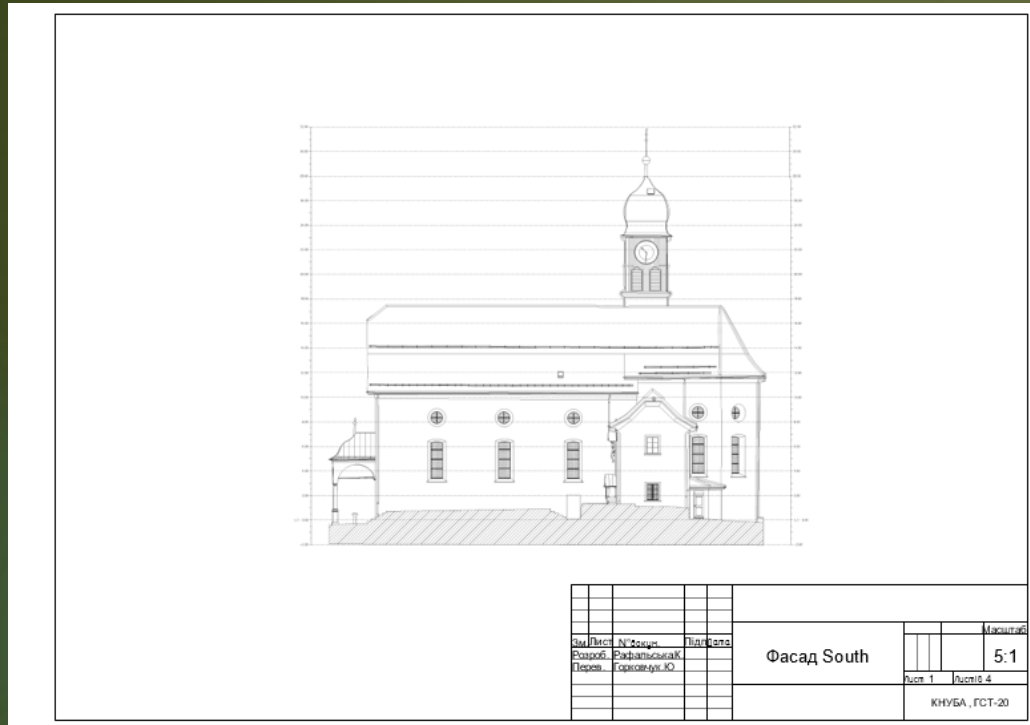


Розробка 2D моделі в програмному забезпеченні AutoCAD

Вихідні дані для побудови
тривимірної 2D моделі:

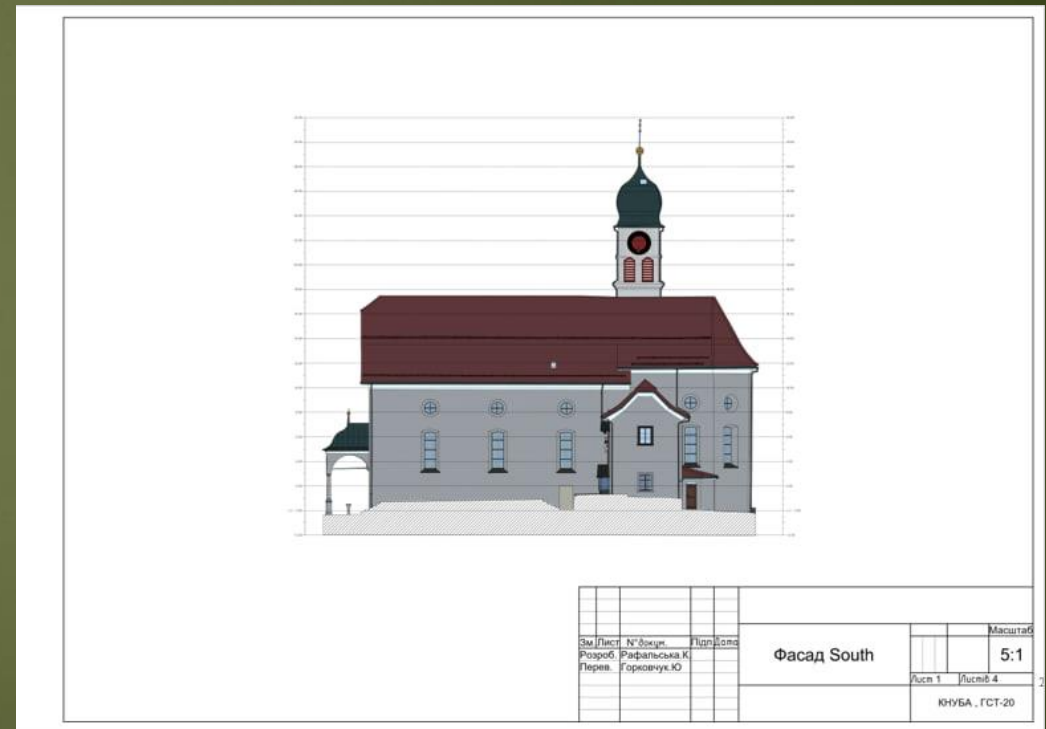
- Результат лазерного сканування
(хмара точок)
- Фотоматеріал

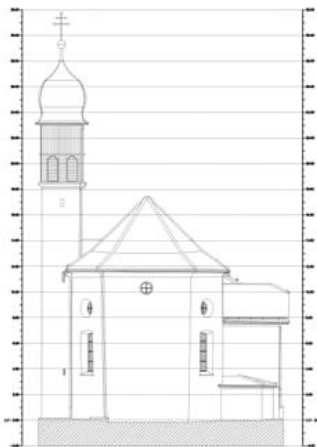
Побудовані 2D моделі фасадів



Фасад South

Фасад South в кольорі

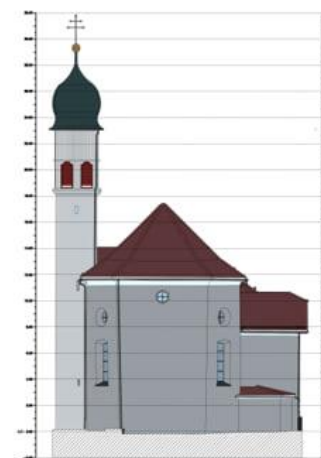




Шт. Лист	№ Об'єкту	Підпис	Масштаб
Розроб.	Резальська К.		5:1
Перев.	Горюханук Ю.		Лист 2 / Листів 4
			Ю-НБА, ГСТ-20

Фасад East

Фасад East в кольорі



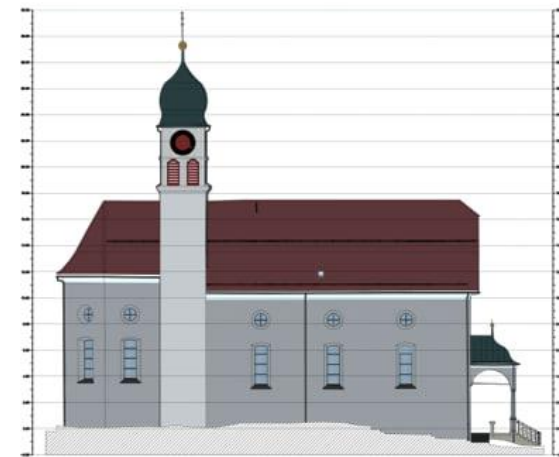
Шт. Лист	№ Об'єкту	Підпис	Масштаб
Розроб.	Резальська К.		5:1
Перев.	Горюханук Ю.		Лист 2 / Листів 4
			Ю-НБА, ГСТ-20



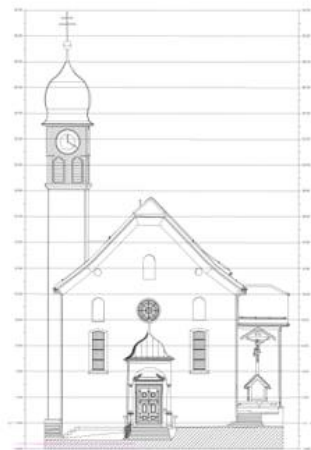
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Масштаб
Розроб.	Рафальська К.			5:1
Перев.	Горковчук Ю.			Лист 3 / Листів 4
КНУБА, ГСТ-20				

Фасад North

Фасад North в кольорі



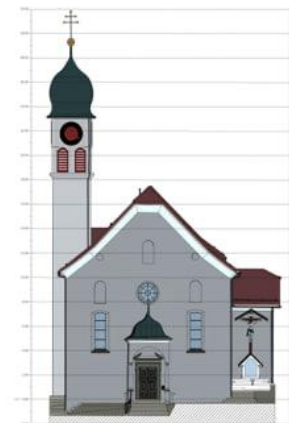
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Масштаб
Розроб.	Рафальська К.			5:1
Перев.	Горковчук Ю.			Лист 3 / Листів 4
КНУБА, ГСТ-20				



Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Масштаб	
					5:1
				Лист 4	Листів 4
				КНУБА, ГСТ-20	

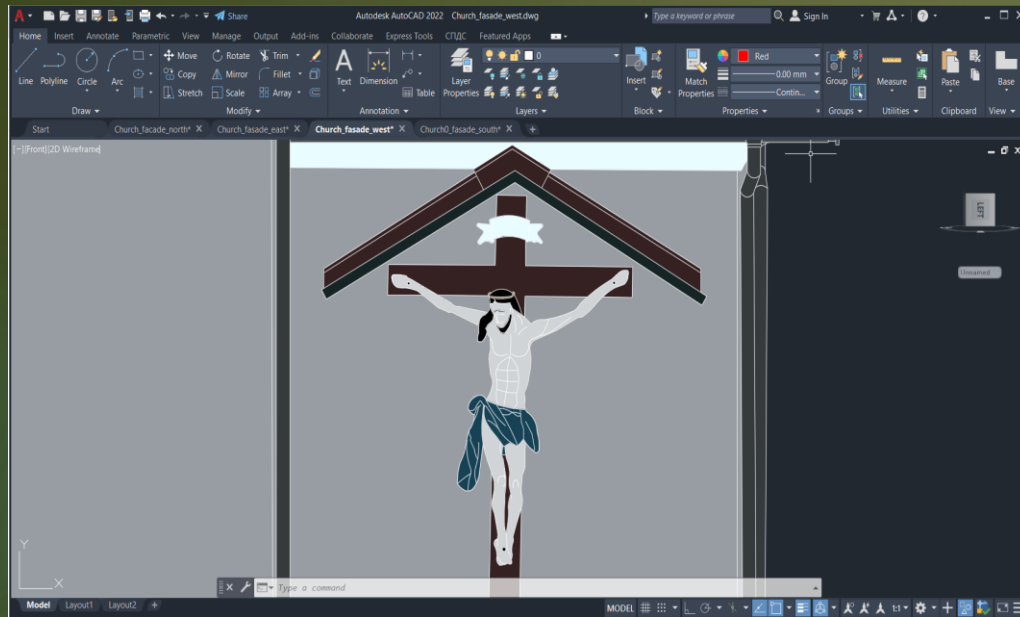
Фасад West

Фасад West в кольорі



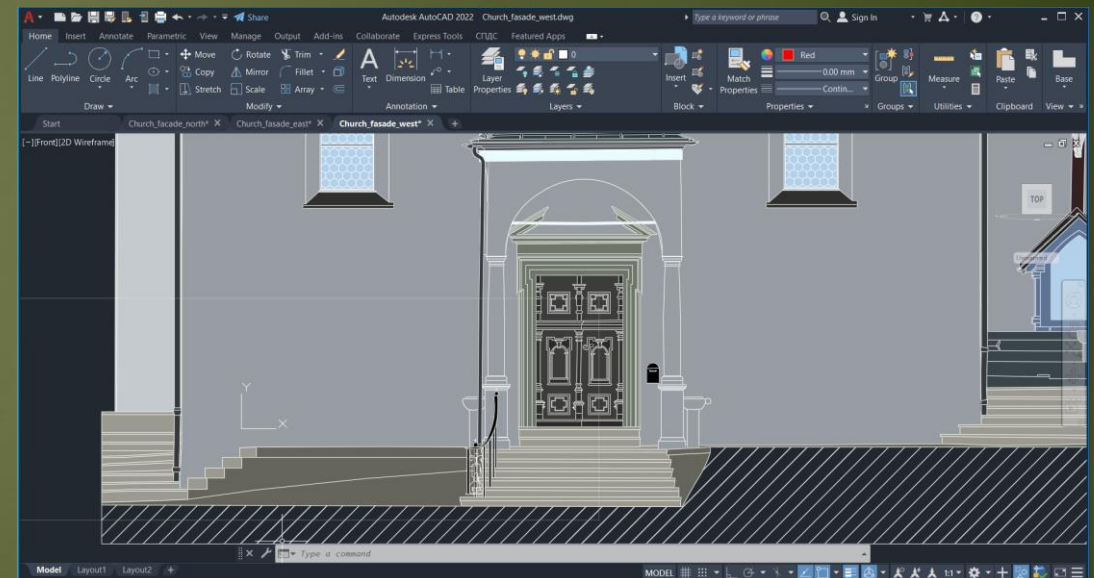
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Масштаб	
					5:1
				Лист 4	Листів 4
				КНУБА, ГСТ-20	

Дослідження дрібних елементів споруд



Біблійна фігура

Головний вхід церкви



ВИСНОВОК

- Було вивчено теоретичний матеріал , що включає в себе : поняття об'єкту культурної спадщини, реконструкції, його класифікацію .Розглянули етапи технічного обстеження а також методи обстеження об'єктів.
- Ознайомились з процедурою оброблення результатів лазерного сканування (хмари точок), а також вимогами до виконавчих креслень для об'єкту культурної спадщини.
- Було досліджено об'єкт культурної спадщини , застосовано на практиці принципи побудови тривимірної 2D моделі церкви з точністю до 1см у масштабі 1:50 в поєднанні з 1:20 в програмному середовищі AutoCAD, що представлена у вигляді чотирьох фасадів. Розглянули дрібні елементи споруди а також визначили потребу в їх реконструкції.
- Тема застосування лазерного знімання для реконструкції об'єктів культурної спадщини є актуальною завдяки необхідності точного документування, збереження та реставрації історичних та культурних пам'яток. Лазерне сканування , як метод дослідження, забезпечує високу деталізацію, дозволяє створювати точні тривимірні моделі, аналізувати стан об'єктів, виконувати контроль якості виконання робіт , розробляти стратегії їх консервації та популяризувати культурну спадщину через віртуальні тури та освітні програми. Це сприяє збереженню історичних пам'яток для майбутніх поколінь і підтримує наукові дослідження та інновації у цій галузі.

Дякую за увагу !