КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
ТА УПРАВЛІННЯ ТЕРИТОРІЯМИ

Кафедра Інженерної геодезії

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

GISUT KNUCA 2024

на тему:

Геодезичні роботи при побудові BIM моделі споруди

Гаврилов Єгор Володимирович
(прізвище, ім'я та по батькові студента повністю)

Київ 2024 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА УПРАВЛІННЯ ТЕРИТОРІЯМИ

Кафедра Інженерної геодезії

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ІГ
__Дем'яненко Р.А._____
"___" _____ 20___ року

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

GISUT KNUCA 2024

Геодезичні роботи при побудові BIM моделі споруди
(назва)

Виконав студент групи _____ГД-20_____
Спеціальність: **193 «Геодезія та землеустрій»**
Спеціалізація: **193.01 «Геодезія»**
_Гаврилов Єгор Володимирович_____
_____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)
Керівник: _____Адаменко О.В._____
(прізвище та ініціали)
___доцент, кандидат технічних наук___
(вчене звання, науковий ступінь)

Ідентичність підтверджую

Київ 2024 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет: **Геоінформаційних систем та управління територіями**

Кафедра: **Інженерної геодезії**

Освітній рівень: **бакалавр за освітньо-професійною програмою**

Спеціальність: **193 «Геодезія та землеустрій»**

Спеціалізація: **193.01 «Геодезія»**

ЗАТВЕРДЖУЮ
Декан факультету ГІСУТ
___Нестеренко О.В._____
“___” _____ 20___ року

GISUT KNUCA 2024

З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

_____Гаврилов Єгор Володимирович_____

_____
(прізвище, ім’я та по батькові студента)

1. Тема роботи «Геодезичні роботи при побудові BIM моделі споруди»
затверджена наказом ректора КНУБА № 785/2 від “17” травня 2024 року.
2. Керівник роботи: __Адаменко Олександр Вікторович, доцент, к.т.н.__
(прізвище, ім’я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
3. Строк подання студентом роботи до захисту: _____
4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Р. 1. Загальні відомості про BIM моделювання

Р. 2. Геодезичні роботи при проведенні обмірів фасадів споруд

Р. 3. Створення 3D-моделі споруди в Autodesk Revit

Р. 4. Техніка безпеки під час виконання геодезичних обмірних робіт та кошторис

Р. 5._____

5. Графічний матеріал за розділами:

Р. 1. Загальна характеристика об’єкту робіт

Р. 2. Визначення необхідної точності виконання геодезичних робіт

Р. 3. Планово-висотна опорна геодезична мережа

Р. 4. Методика виконання обмірних робіт

Р. 5. Загальні принципи побудови BIM моделі споруди

Р. 6. BIM модель споруди

6. Календарний план виконання роботи: а) наукова частина;
б) практична частина.

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1. Загальні відомості про BIM моделювання	02.04.2024
Розділ 2. Геодезичні роботи при проведенні обмірів фасадів споруд	22.04.2024
Розділ 3. Створення 3D-моделі споруди в Autodesk Revit	03.05.2024
Розділ 4. Техніка безпеки під час виконання геодезичних обмірних робіт та кошторис	13.05.2024
Розділ 5.	
Остаточне оформлення роботи	14.05.2024
Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	15.05.2024
Попередній захист роботи на кафедрі	

7. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		дата	підпис
Розділ 1.			
Розділ 2.			
Розділ 3.			
Розділ 4.			

8. Дата видачі завдання: 25.03.2024

Зав. кафедри ІГ _____ Дем’яненко Р.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Адаменко О.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Студент _____ Гаврилов Є.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

GIS&T KNUCA 2024

ЗМІСТ

Вступ 6
Розділ 1. Загальні відомості про BIM моделювання 8
1.1. Методи виконання обмірних робіт 8
1.2. Вимоги до точності вимірювань та побудови моделі споруди 15
1.3. Характеристика об’єкту вимірювань 18
1.4. Характеристика моделей 21
Розділ 2. Геодезичні роботи при проведенні обмірів фасадів споруд 26
2.1. Визначення необхідної точності виконання геодезичних вимірювань 26
2.2. Створення планово-висотної опорної геодезичної мережі для забезпечення виконання обмірних робіт 26
2.2.1. Визначення точності опорної мережі НЛС 26
2.2.2. Загальна схема побудови геодезичної мережі 29
2.2.3. Створення опорної геодезичної мережі за допомогою тахеометра 30
2.2.4. Координування опорних цілей з пунктів опорної геодезичної мережі 31
2.2.5. Визначення координат станцій НЛС від опорних точок 33
2.2.6. Знаходження загальної похибки виконання геодезичних робіт 34
2.3. Методика виконання вимірювань фасадів споруди за допомогою наземного лазерного сканера 34
2.4. Оброблення результатів вимірювань, створення «хмари точок» об’єкту вимірювань 37
Розділ 3. Створення 3D-моделі споруди в Autodesk Revit 47
3.1. Відтворення осей та рівнів об’єкту вимірювань 47
3.2. Створення несучих елементів споруди (стін, перекриттів) 48
3.3. Створення сімейств для побудови будівельних конструкцій 54
3.4. Додавання різних архітектурних елементів на фасади споруди 58
Розділ 4. Техніка безпеки під час виконання геодезичних обмірних робіт та кошторис 62
Висновок 70
Список використаних джерел 71

GISGIT KNUCA 2024

ВСТУП

Зараз в Україні актуальним є питання реконструкції будівель і споруд, капітальний ремонт, а також будівництво нових. Пріоритетним є реконструкція, адже багато будівель руйнується внаслідок війни, а інша частина знаходиться під загрозою. Особливо коли це стосується пам'яток архітектури, культурної спадщини, історичних забудов, котрі необхідно зберегти. Коли мова йде про об'єкти культури – це означає складну конструктивну схему і збільшений об'єм інформації, що в свою чергу вимагає впровадження сучасних технологій при створенні проекту. Проблеми виникають з історичними будівлями, бо вони не типові, як новобудови, а також в них є важливими: автентичність, відтворення фасаду з максимальною точністю до кожних деталей тощо. При реконструкції буває, що виникають нестикування у фінальній проектній документації, різні колізії, адже на 2D-схемах і кресленнях важко побачити такі помилки як різні накладання об'єктів один на одного тощо. Тому слід застосовувати BIM-технології, які дають змогу створювати точну інформаційну модель споруди. BIM-модель містить в собі геометричні, фізичні, функціональні та інші характеристики будівельного об'єкта. Використання сучасних методів будівельного виробництва і проектування, а саме BIM-технологій має ряд переваг, серед них: прискорення роботи при проектуванні приблизно на відсотків 20, забезпечення якості, точності, зручності і гнучкості в реалізації проектних рішень. Також зменшення і відслідковування помилок, неточнестей, змогу додавати до проектних моделей нові рішення, модифікації та інше. По суті, BIM-технології забезпечують відтворення точної цифрової копії майбутньої або існуючої будівлі. Головною перевагою є зменшення витрат, скорочення часу, спрощення процесів і змога прорахувати вартості у грошовому еквіваленті до 80-90%. Метою даної роботи і є створення 3D-моделі існуючої споруди – пам'ятки архітектури під реконструкцію. На сьогодні найдоцільнішим методом отримання даних, а саме хмари точок, для створення 3D-моделі споруди є лазерне сканування. Тому акцент направлений саме на

GISUI KNUCA 2024

наземне лазерне сканування. Даний метод може забезпечити точність вимірювань до 1-2 мм, і таку ж детальність побудови.

GISUT KNUCA 2024

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО BIM МОДЕЛЮВАННЯ

1.1. Методи виконання обмірних робіт

Існують різні методи геодезичних знімань будівель та споруд, втім найчастіше використовують три з них: знімання за допомогою тахеометра, лазерне сканування та фотограмметричний метод знімання. Виконаємо аналіз зазначених методів, виділивши їх основні переваги та недоліки. Результати аналізу подано в табл.1.

Таблиця 1.

Порівняння методів геодезичного знімання по декільком параметрам

Назва методу:	Точність	Швидкість роботи	Деталізація
Тахеометричний	Постійно висока	Повільно	Низька
Фотограмметричний	Низька	Дуже швидко	Висока
Лазерне сканування	Висока	Швидко	Висока

GI SUIT KNUCA 2024

Використання електронних тахеометрів є класичним методом знімання, який має найвищу точність вимірювань. Цей метод широко застосовується при виконанні великої кількості геодезичних вимірювань та є, можливо, найбільш універсальним методом виконання геодезичних вимірювань. Проте, виконання знімання пам’яток архітектури вимагає визначення величезної кількості точок на поверхні об’єкту вимірювань. В такому тахеометричне знімання є повільним і незручним методом. Додатковими проблемами є складність вимірювань архітектурних елементів споруд, складність конфігурації геодезичної основи, потреба в абрисі, та інше.

Фотограмметричний метод також класичний метод. Хоч класичне професійне фотограмметричне обладнання має високу точність, але дуже повільна швидкість роботи. Сучасні технології забезпечують високу швидкість і легкість роботи висока, втім значно нижча точність. Недоліками також є «шумність» отриманих хмар точок, залежність від освітленості, адже в затемнених ділянках/частинах виникають проблеми. Особливо, якщо говорити

в контексті роботи з об’єктом архітектури, котрий має складну конфігурацію фасаду, наявність дрібних елементів тощо. І важливість відтворити об’єкт максимально точно та автентично.

Метод лазерного сканування є балансним. Ним забезпечується і висока точність вимірювань, і точність зібраної інформації, а саме хмари точок, висока деталізація, наочність, також доволі висока швидкість роботи. Звісно, що існує залежність точності вимірювань, відповідно і отриманих даних, від відстані до об’єкту. Втім найчастіше, як і в даній роботі, це короткі відстані до 20 метрів.

Таким чином вимірювання при побудові 3D моделі споруди було вирішено виконувати методом наземного лазерного сканування. Виконаємо більш детальний аналіз цього методу вимірювань.

В основі методу – використання для вимірювань наземних лазерних сканерів (далі – НЛС).

Сутністю НЛС є вимірювання відстаней з високою швидкістю (від декількох тисяч до мільйона точок на секунду) та реєстрація відповідних напрямків (вертикальних та горизонтальних кутів), отже, вимірювані величини під час наземного лазерного сканування є аналогічними, як і під час роботи з електронними тахеометрами. Однак принцип тотальної зйомки об'єкта, а не його окремих точок, характеризує НЛС як знімальну систему, результатом роботи якої є тривимірне зображення, так званий скан у вигляді хмари точок. НЛС складається з лазерного віддалеміру, пристосованого для високочастотної роботи, та блоку розгортки лазерного променю. Блоком розгортки є сервомеханізм та полігональне дзеркало, або призма.

Більшість сучасних НЛС мають подібну структуру. До основних особливостей приладів, що мають подібні технічні рішення, віднесемо:

- вимірювання відліків по горизонтальному та вертикальному кругу за допомогою ендокодерів;
- використання обертового дзеркала;
- використання імпульсного методу визначення відстані.

GI.SUI KNUCA 2024

При цьому, деякі НЛС використовують геодезичну систему координат (Leica), деякі іншу – математичну (Faro).

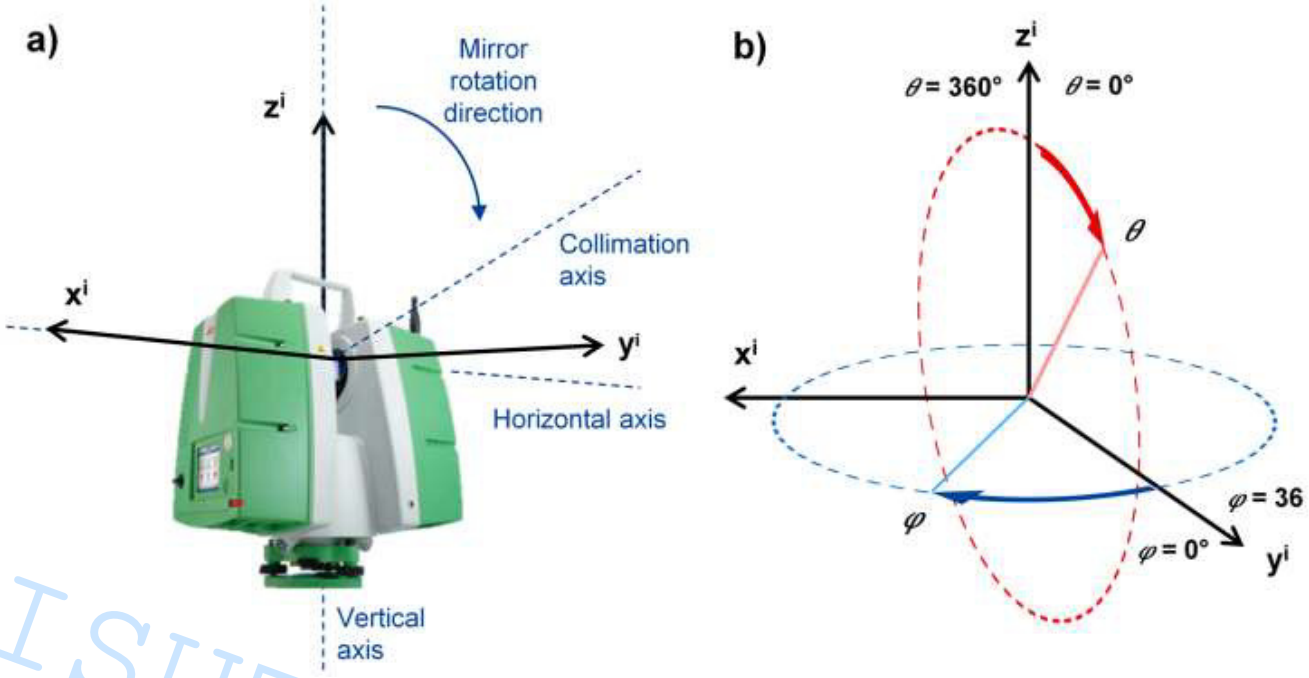


Рис.1.1.1. а) Локальна декартова система координат сканера відносно головних осей приладу; б) Локальна система координат сканера, перетворена у полярні координати.

Найбільш популярними наземними лазерними сканерами в Україні є сканери фірм Leica та Faro, також представлені сканери від Trimble.

Наземне лазерне сканування є сучасною технологією, яка швидко та активно розвивається. Різноманітність технічних рішень, які приймають виробники геодезичного обладнання призводить до появи приладів з різноманітними технічними і метрологічними характеристиками. Виконаємо аналіз існуючих типів наземних лазерних сканерів. Результати аналізу занесемо у табл.2.

GISUT KNUCA 2024

Таблиця 2.

Типи наземних лазерних сканерів

Геодезичні	Портативні	Скануючі тахеометричні системи
Технічні характеристики: СКП вимірювань кутів – від 5" до 10 "; СКП вимірювань відстаней – від 1 мм + 10 ppm; Максимальний діапазон вимірювань – від 250 м; Швидкодія від 1000000 т/сек	Технічні характеристики: СКП вимірювань кутів – від 10" до 30 "; СКП вимірювань відстаней – від 1 мм до 6 мм; Максимальний діапазон вимірювань – до 350 м; Швидкодія від 300000 т/сек	Технічні характеристики: СКП вимірювань кутів – 2"; СКП вимірювань відстаней – від (1-2) мм + (1-2) ppm; Максимальний діапазон вимірювань – до 5000 м; Швидкодія від 20000 т/сек

Найяскравішими представниками першої групи є НЛС фірми Leica Geosystems серії P. Такі сканери зазвичай мають значну вагу – до 15-20 кг та їх часто використовують при зніманнях фасадів споруд.

Точність та діапазон вимірювань дозволяє їх використання на відкритих ділянках із значними просторами. Сканери також добре підходять для робіт із сканування великих промислових об’єктів, лінійних споруд. Приклади таких сканерів наведено на рис.1.1.2.

Рис. 1.1.2. Геодезичні НЛС: Trimble TX8 і Leica P40

До НЛС другої групи відносяться більшість приладів фірми FARO, також Leica RTC360, BLK360 та Trimble TX5. Це значно легші та компактніші прилади, з вагою біля 5 кг. Значно нижчий діапазон вимірювань та точність

GESUT KNUCA 2024

обмежують сфери застосування цих сканерів. Особливість технічних і метрологічних характеристик таких НЛС характеризують найдоцільніші сфери їх застосування. Ці прилади найкращим чином підходять для робіт із визначення просторового положення конструкцій всередині споруд, на тісних ділянках та ділянках із щільним розташуванням технологічного обладнання, є Більшість представників цієї групи можуть виконувати виміри в перевернутому положень або при довільному нахилі при виключеному компенсаторі. Приклад таких сканерів наведено на рис.1.1.3.

Рис.1.1.3. Портативні НЛС: Faro S120, Leica RTC 360, Trimble X7, Leica BLK 360

Останньою групою є скануючі тахеометричні системи, як наприклад Trimble SX10. Вони мають низьку швидкість сканування, проте це компенсують значним діапазоном вимірювань та високою точністю. До того, це єдині НЛС, які можуть виконати наведення по якомусь конкретному напрямку і точністю своєї кутомірною системи. Всі інші НЛС лише задають напрямки по горизонтальному і вертикальному кругах під час сканування. Внаслідок зазначених особливостей, НЛС саме цієї групи можна використовувати для проведення розмічування або спостережень за деформаціями. Приклад такої скануючої системи наведено на рис.1.1.4.

GISUT KNUCA 2024

Рис.1.1.4. Скануюча тахеометрична система Trimble X7

Головними параметрами сканера, які задаються під час сканування є щільність хмари точок та її точність. Ці параметри часто є основними параметрами до майбутньої хмари точок у технічному завданні на сканування. В високоточних та портативних НЛС щільність прийнято задавати середньою відстанню між сусідніми точками хмари точок на відстані 10 м. Точність хмари точок у налаштуваннях сканера достатньо умовна величина та не характеризує загальну точність побудови хмари точок. Вона швидше вказує на «шум» у майбутніх вимірюваннях. Вибираючи точність побудови хмари точок користувач задає кількість вимірювань кожної точки у хмарі точок.

Додаткові можливості НЛС:

1. Сканування у кольорі. При виконанні сканування виключно віддалеміром сканера всі скани будуть чорно-білими, залежно від ступеня відбиття лазеру поверхнею. Більшість НЛС має можливість виконання сканування у кольорі. В цьому випадку сканер спочатку виконає вимірювання віддалеміром, потім виконує другий прийом вимірювань (коло вимірювань) виконуючи фотографування всієї області сканування цифровим фотоапаратом. Автоматично буде виконана апроксимація цих зображень на хмару точок, кожній точці буде присвоєно колір за класифікацією RGB. Однак кольорове сканування займає більше часу, а скани мають значно більший розмір.

2. Визначення координат місця сканування. Більшість НЛС мають вбудований GNSS-приймач та можуть запам’ятовувати координати точки сканування. Точність цих координат низька. Включений GNSS-приймач

GISUT KNUCA 2024

зазвичай спрощує зшивання сканів між собою в автоматичному режимі. Те саме стосується альтиметра та компасу.

3. Визначення нахилу сканера. Вбудований компенсатор дозволяє враховувати нахил сканера під час сканування, що значно полегшує процес сканування (встановлення сканера) та зшивання. Діапазон зазвичай 5`.

4. Сканування двома кругами. Технологія запропонована фірмою Leica. Корисна при скануванні в місцях з інтенсивним рухом. Сканер робить два скани один за одним та накладає їх, прибираючи рухомі об’єкти.

5. Автоматичне зшивання під час сканування. Теж технологія від Leica. НЛС має декілька вбудованих камер, які працюють під час його переміщення. На основі цих даних сканер в реальному часі виконує зшивання сканів. На ПК в цьому випадку скидають не набір сканів, що також лишається можливим, а вже повністю зшитий проєкт.

6. Запис даних вимірювань. Залежно від моделі сканера запис даних вимірювань виконується у внутрішню пам’ять НЛС, на флеш-накопичувач або CD-карту. Кожний із цих варіантів має як переваги, так і недоліки.

Виконаємо аналіз даної технології, виділивши загальні напрямки застосування, переваги і недоліки. Результати аналізу подані нижче.

Напрямки загального використання:

1. Отримання детальних 3D-моделей будівельних та промислових об’єктів;
2. Виконання архітектурних обмірів, побудова планів та 3D-моделей фасадів;
3. Моніторинг геологічних виробок та інших об’єктів, визначення об’ємів ґрунтів;

Переваги:

1. Отримання великого об’єму інформації про об’єкт вимірювань.
2. Відносно висока продуктивність у порівнянні з класичними наземними геодезичними зніманнями при вимірюванні будівельних та промислових об’єктів (до 4000 м^2 при зніманні фасадів).

GISUT KNUCA 2024

3. Можливість збереження повної інформації про об’єкт вимірювань на момент їх проведення.

Недоліки:

1. Складність у визначенні рельєфу при роботі на об’єктах із щільною рослинністю;

2. Складність у застосуванні методу при роботі на дуже великих об’єктах (більше 500 сканів, необхідність застосування або потужних ППК або комбінування методу із іншими геодезичними методами).

1.2. Вимоги до точності вимірювань та побудови моделі споруди

На сьогоднішній день наземне лазерне сканування - це нова технологія, і в Україні відсутні нормативні документи, які б нормували технологію та точність виконання робіт цим методом. Однозначно не вистачає вимог щодо сфер застосування НЛС різної точності, як це було зроблено, наприклад, в ДБН В.1.3.-2-2010 «Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві Зміна 1».

Відповідно до ЗУ «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» виконання топографо-геодезичних і картографічних робіт може здійснюватися за такими напрямами: а) основні геодезичні роботи; б) загальнодержавні топографічні знімання; в) інженерні вишукування для будівництва та великомасштабні топографічні знімання. Згідно з ДБН А.2.1-1-2014 пункту 4.4:

Інженерні вишукування для будівництва включають такі види вишукувань:

- інженерно-геодезичні;
- інженерно-геологічні;
- геотехнічні та інженерно-гідрогеологічні (у складі комплексних інженерно-геологічних вишукувань або окремо);
- інженерно-гідрометеорологічні;
- вишукування для раціонального використання навколишнього середовища;

GISUT KNUCA 2024

- спеціалізовані (умовно вишукувальні).

Виконання обмірів споруд можна віднести до такого виду геодезичних вимірювань як інженерно-геодезичні вишукування.

Згідно ДБН А.2.1-1-2014 пункту 5.3.17.2 до складу інженерно-геодезичних вишукувань для розробки робочого проекту входять:

- збір та систематизація архівних картографічних матеріалів, матеріалів землеустрою, даних по державних геодезичних мережах;
- створення (оновлення) опорної геодезичної мережі та зйомочної мережі;
- створення інженерно-топографічних планів в масштабах 1:1 000…1:200;
- складання інженерної цифрової моделі місцевості (ІЦММ);
- інженерно-гідрографічні роботи;
- геодезичне забезпечення інженерно-геологічних вишукувань.

В ДБН А.2.1-1-2014 пропонують перелік робіт, які необхідно виконувати під час вишукувань інженерних споруд.

А саме, пункт 5.3.17.3 Для розробки проектів будівництва (реконструкції) об’єктів класу наслідків (відповідальності) СС3 та IV-V категорій складності додатково виконують:

- визначення координат кутів капітальних будівель (споруд), елементів залізничних колій, колодязів (камер), опор інженерних комунікацій;
- детальне обстеження та детальна зйомка інженерних комунікацій (споруд), опор та колодязів;
- створення інженерно-топографічних планів у масштабі 1:200 (на визначених проектувальником ділянках);
- зйомка фасадів будівель;
- зовнішні обміри будівель та технологічних споруд;
- геодезичні спостереження за осіданням та деформаціями будівель та споруд;

GISUT KNUCA 2024

- геодезичне забезпечення інженерно-геологічних та інженерно-гідрогеологічних спостережень та досліджень.

Відповідно до попереднього ДБН також зазначаються значення допустимих розбіжностей значень. А саме, пункт 5.3.17.4 Розходження довжин стін будівель, отримані при обмірах й обчислені по координатах, не повинні перевищувати 10 см при довжинах стін менше 100 м та 1/1000 при довжинах стін більше ніж 100 м.

Загальні вимоги щодо точності планових опорних геодезичних мереж наведені в таблиці 3.

Таблиця 3.

Загальні вимоги щодо точності планових опорних геодезичних мереж, які створені методами полігонометрії, тріангуляції, трилатерації

Планова опорна геодезична мережа	СКП вимірювань кутів, обчислена з нев`язок, не більше секунди	Гранична похибка кутових вимірювань (з нев`язок в ходах, полігонах), с	Гранична похибка лінійних вимірювань (з нев`язок в ходах, полігонах)	Відносна СКП, не більше		
				Базисна сторона в тріангуляції	Сторони мережі тріангуляції в найбільш слабкому місті	Вимірювання сторін в мережі трилатерації
4 клас	3	$5\sqrt{n}$	1:25 000	1:200 000	1:70 000	1:100 000
1 розряд	5	$10\sqrt{n}$	1:10 000	1:50 000	1:20 000	1:50 000
2 розряд	10	$20\sqrt{n}$	1:5 000	1:20 000	1:10 000	1:20 000

Як зазначено на початку даного пункту, насправді майже не існує переліку законодавчих та нормативних документів, якими керуються при виконанні обмірних робіт за допомогою НЛС. Єдина вимога щодо точності – це ДБН А.2.1-1-2014 ІНЖНЕРНІ ВИШУКУВАННЯ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА. А саме, пункт 5.3.10.5 Методом лазерного сканування виконується зйомка елементів будівель та споруд – фасадів, внутрішніх приміщень, автошляхів тощо. Гранична похибка визначення координат та висот точок не повинна перевищувати 6 мм на відстань в 50 м. Крок сканування (відстань між точками) не повинен перевищувати 50 мм.

Щодо фотограмметричної зйомки в цьому ДБН наступне:

GIS&T KNUCA 2024

Пункт 5.3.10.7 Аерофототопографічну та фотограмметричну зйомку необхідно виконувати згідно вимог галузевих норм.

Точності побудови моделі споруди корелюється з таким поняття як LOD (Level of Detail – рівень деталізації), воно описує складність представлення 3D-моделі, ділиться на 5 базових рівнів, включає:

- геометричну(LOG, Level of Geometry);
- метаінформацію (LOI, Level of Information).

Звичайно неможливо побудувати модель, точнішу за «хмару точок». Зазвичай модель має точність як мінімум вдвічі нижчу. Матеріал конструкції безпосередньо впливає на точність побудови його геометрії. Так цегляна кладка може мати не площинність порядку 2-10 см, що унеможливлює встановлення її точної геометрії. В таких випадках, рекомендовано будувати геометричні розміри стіни по її найширшому розміру. Моделі побудовані із LOD 500 безумовно вимагають більшої точності у побудові їх геометрії за моделі щільністю LOD 100.

GISUT KNUCA 2024

1.3. Характеристика об’єкту вимірювань

Об’єктом роботи є комплекс «Дача з мезоніном», що розташований у м. Києві. Одно- та двоповерховий, прямокутний у плані будинок має плоскі дерев'яні перекриття та критий залізом двосхилий вальмовий дах. Перший поверх будинку цегляний, другий дерев'яний, обкладений цеглою.

Дача з мезоніном - колишній дачний будинок. Одна з кількох пам'яток дачної архітектури, що збереглися в Святошино. За визначенням дослідників, будівля - зразок первісної дачної забудови в Києві початку XX століття

Рис.1.3.1. Загальний вигляд архітектурної споруди

Розмір даної споруди становить 15х21 метрів (рис.), відповідно точності сканера вистачає навіть без створення опорної мережі, якщо немає відповідної вимоги. Стіни першого поверху зроблені з цегли, а другого – дерев’яні, але обкладені цеглою. Споруда має багато вікон по периметру, більшість знаходиться зі сторони входу. Вікна з арковими перемичками на одноповерхових крилах обрамлені архівольтами, замковим каменем і бічними пілястрами, тобто мають складну архітектурну конструкцію. Центральна частина симетричного фасаду підкреслена двоповерховим об'ємом з арковими вікнами і дверима. Перед парадним входом обладнано терасу на цоколі з дерев'яними огорожами. Об’єкт має балкон і три аркові віконні прорізи.

GISUT KNUCA 2024

Рис.1.3.2. План споруди

Об’єкт вимірювань характеризується наступними особливостями:

1. Низька поверховість споруди.

Всі елементи споруди знаходяться не на великій відстані від сканера і відсутні гострі кути наведення на поверхню. Отже, сканер має гарну видимість всіх елементів, немає необхідності збільшувати кількість станцій і розташовувати сканер на підвищенні.

2. Невелика площа будівлі.

Немає необхідності будувати опорну геодезичну мережу. Невелика кількість станцій. Відповідно незначна кількість сканів пришвидшує обробку результатів та не затребує потужного ППК. Призводить до економії часу

3. Рівнинність рельєфу

Забезпечена видимість, можливість поставити прилад в довільних місцях. Відсутність різких перепадів по висоті забезпечує якість виконання обмірних робіт.

GISUT KNUCA 2024

4. Щільна рослинність

Погіршена видимість за рахунок щільної рослинності, необхідність підбирати положення деяких станцій, необхідність ставити більшу кількість станцій. Збільшення часу на виконання вимірювань та на обробку результатів.

5. Обмеженість території

Територія навколо об’єкту обмежена парканом і цим забезпечена відсутність перешкод у вигляді людей, автомобілів тощо. Адже рухомі об’єкти можуть заважати як в процесі сканування, так і впливати на якість і правильність отриманих результатів.

1.4. Характеристика моделей

Як вже було підкреслено, в загальному, Building Information Modeling (BIM) – це в першу чергу інформаційна модель споруди, тобто тривимірна віртуальна модель будівлі в цифровому вигляді, яка несе в собі повну інформацію про об’єкт, включно і її 3D модель.

3D модель – це зображення об’єкту у вигляді однієї або сукупності, зв’язаних між собою, трьохвимірних геометричних фігур. Зазвичай це відносно прості геометричні фігури. 3D модель може бути побудована для довільного об’єкту сканування.

Основні відмінності між 3D-моделлю там BIM-моделлю полягають у сфері застосування, призначенні та рівні деталізації.

Ключові відмінності подані у таблиці :

Таблиця 4.

Основні відмінності між 3D- та BIM-моделлю

Напрямок:	3D-модель	BIM-модель
Сфера застосування і призначення	Зосереджується насамперед на візуальному представленні тривимірного об’єкта або середовища. Часто використовується для візуалізації, презентації та	Зосереджується на створенні інтелектуальної 3D-моделі, яка містить не лише геометричну інформацію, а й дані про компоненти та системи всередині будівлі або інфраструктури. BIM

GISUT KNUCA 2024

	концептуального дизайну.	використовується для проектування, будівництва та експлуатації.
Рівень деталізації	Може варіюватися від простих,низькодеталізованих моделей до високодеталізованих, реалістичних зображень.	Вимагає більш високого рівня деталізації, включаючи інформацію про компоненти будівлі (наприклад, стіни, двері, вікна), їхні властивості (наприклад, матеріали, розміри) і те, як вони взаємодіють з іншими елементами моделі.
Інформаційне наповнення	Переважно зосереджена на візуальному представленні і не містить додаткову інформацію, окрім геометрії.	Включає не лише геометричну інформацію, але й дані, пов'язані з вартістю, плануванням, стійкістю тощо. Ця інформація використовується для аналізу, моделювання та прийняття рішень протягом усього життєвого циклу проєкту
Інтероперабельність	Часто обмежена у своїй здатності обмінюватися інформацією між іншим програмним забезпеченням або системами.	Наголошує на інтероперабельності з підтримкою таких стандартів, як Industry Foundation Classes (IFC) і Construction Operations Building Information Exchange (COBie), що дозволяє обмінюватися інформацією між різними програмними додатками
Перспектива життєвого циклу	Зазвичай використовується для візуалізації та проектування, з меншим акцентом на весь життєвий цикл будівлі або інфраструктури.	Враховує перспективу життєвого циклу, беручи до уваги етапи проектування, будівництва та експлуатації проєкту. BIM-моделі можна використовувати для управління об'єктами, обслуговування та реконструкції.

GISUT KNUCA 2024

Варто зазначити, що всі програмні комплекси (ПК), які створюють BIM модель, дозволяють виконувати побудову 3D-моделі. Однак не всі програмні засоби, які будують 3D-модель, можуть бути використані для побудови BIM-моделі. Більше того, BIM-моделі, побудовані в різних програмних засобах часто не можуть бути використані в іншому програмному забезпеченні. В першу чергу, це проблема примикань конструкцій одна до одної.

Таким чином, хоча і 3D-моделі, і BIM-моделі передбачають створення тривимірних зображень об’єктів або просторів, BIM виходить за рамки простої візуалізації і включає в себе додаткову інформацію та аналітику, які підтримують весь життєвий цикл будівлі або інфраструктурного проєкту.

У цьому випадку також важливо уточнити концепцію LOD.

Раніше це було майже еквівалентно терміну "масштаб", який використовувався для оцінки обсягу та вартості робіт, необхідних для створення креслення. Проектування і подавання в масштабі 1:20 та 1:200, сильно відрізняється не тільки через час, необхідний для креслення, але і через те, що ви глибоко розбираєтеся в деталях проекту.

Те саме стосується LOD, але різниця не в масштабі (оскільки все моделюється в масштабі 1:1), а в "інформативності" моделі.

Якщо ми говоримо про практичну дійсність, рівень деталізації визначається замовником. В цілому, точність моделі залежить від вимог замовника, мети побудови моделі, точності сканування, матеріалу модельованої конструкції, рівня деталізації і т.д. Наприклад, для попереднього проектування зазвичай досить опрацювати концепцію за допомогою LOD100-200, на етапі проекту передбачений рівень LOD300, а на робочому кресленні - LOD400. Але часто існують і інші особливі вимоги.

В цілому, рівень деталізації є важливим компонентом BIM-моделювання. Це спільна мова між замовниками і підрядниками, завдяки їй досягається високій якості моделі.

GISUT KNUCA 2024

Концепція LOD стосується не всієї інформаційної моделі, а окремих елементів. Наприклад, сантехніка може бути виконана на низькому рівні опрацювання , а технічне обладнання може бути виконано на високому рівні..

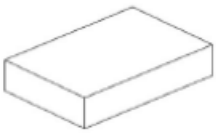
Рівні деталізації:

- LOD 100 - ескізи і начерки, може стати в нагоді архітекторам на ранніх стадіях роботи;
- LOD 200 - стадія П без прив'язки до конкретного виробника, положення і розміри точні для основних конструкцій;
- LOD 300 - стадія П без прив'язки до конкретного виробника з точними положеннями елементів;
- LOD 400 - стадія Р, конкретні виробники елементів, деталювальні вузли, точні положення і габарити;
- LOD 500 - актуалізована модель за виконавчою документацією та/або хмарами точок з уточненням положень зоряних конструкцій і мереж.

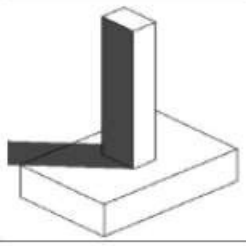
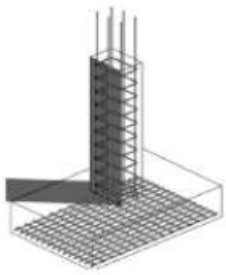
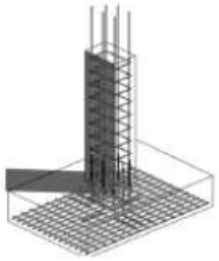
Нижче (табл.5) наведено приклад рівнів деталізації на прикладі фундаменту стаканного типу та вимоги до конструктивних елементів на різних етапах проектування (табл.5).

Таблиця 5.

Опис базових рівнів деталізації елементів BIM-моделі

LOD	Опис	Основне застосування	Приклади моделей та елементів моделі
LOD 100	Елемент моделі може бути представлений у вигляді об'ємних формоутворюючих елементів з приблизними розмірами, формою, просторовим положенням і орієнтацією або у вигляді 2D-символу	На стадії передпроектної підготовки будівництва для розробки обґрунтувань інвестицій	
LOD 200	Елемент моделі представлений у вигляді об'єкта або збірки з попередніми розмірами, формою, просторовим положенням, орієнтацією і необхідною атрибутивною інформацією		

GISUT KNUCA 2024

LOD 300	Елемент моделі представлений у вигляді об'єкта або збірки, що належить конкретній системі будівлі, з точними розмірами, формою, просторовим положенням, орієнтацією, зв'язками і необхідної атрибутивною інформацією	На стадії проектної підготовки будівництва для підготовки проектної і робочої документації; для пошуку міждисциплі-нарних колізій	
LOD 400	Елемент моделі представлений у вигляді конкретної збірки з точними розмірами, включаючи розміри елементів вузлових зеднань, формою, просторовим положенням, орієнтацією, вузловими зв'язками (болти, заклепки, зварні шви, фасонні елементи, випуски арматури, закладні деталі тощо), даними по виготовленню та монтажу, а також іншою необхідною атрибутивною інформацією.	На стадії проектної підготовки будівництва-для розробки робочої документації; на стадії будівництва для розробки проекту виконання робіт	
LOD 500	Елемент моделі представлений у вигляді конкретної збірки з фактичними розмірами, формою, просторовим положенням, орієнтацією і атрибутивною інформацією, достатньою для передачі моделі в експлуатацію	На стадії будівництва для формування моделі «Як Побудовано»; модель «Як Побудовано», як правило, створюється шляхом внесення коригувань в інформаційну модель на основі виконавчої документації та/або результатів лазерного сканування закінчених будівництвом конструкцій) і може використовуватися на стадії експлуатації для вирішення різних завдань	

GISUT KNUCA 2024

РОЗДІЛ 2. ГЕОДЕЗИЧНІ РОБОТИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ОБМІРІВ ФАСАДІВ СПОРУД

2.1. Визначення необхідної точності виконання геодезичних вимірювань

Як було вказано у пункті 1.3, точність виконання геодезичних вимірів під час вимірювань пам'яток архітектури визначена в ДБН А.2.1-1-2014. Таким чином, гранична похибка визначення координат та висот точок не повинна перевищувати 6 мм на відстань в 50 м. Виконаємо аналіз точності виконання геодезичних вимірювань.

Оскільки виконати вимірювання елементів споруди з однієї станції неможливо, її сканування буде виконуватись з кількох станцій. Визначення взаємного положення станцій сканування буде виконуватись через побудову опорної геодезичної мережі навколо споруди.

Виконаємо розрахунок точності опорної геодезичної мережі. За принципом мізерного впливу, середня квадратична похибка створення опорної геодезичної мережі має бути у три рази нижчою за середню квадратичну похибку виконання геодезичних робіт.

Отже,

$$m_O = \frac{m_г}{3},$$

де m_O– середня квадратична похибка створення опорної геодезичної мережі;

$m_г$– середня квадратична похибка виконання вимірювань.

Якщо $m_г = 6$ мм, відповідно $m_O = 2$ мм. Це означає, що положення станцій одна від одної маємо визначати з точністю 2 мм.

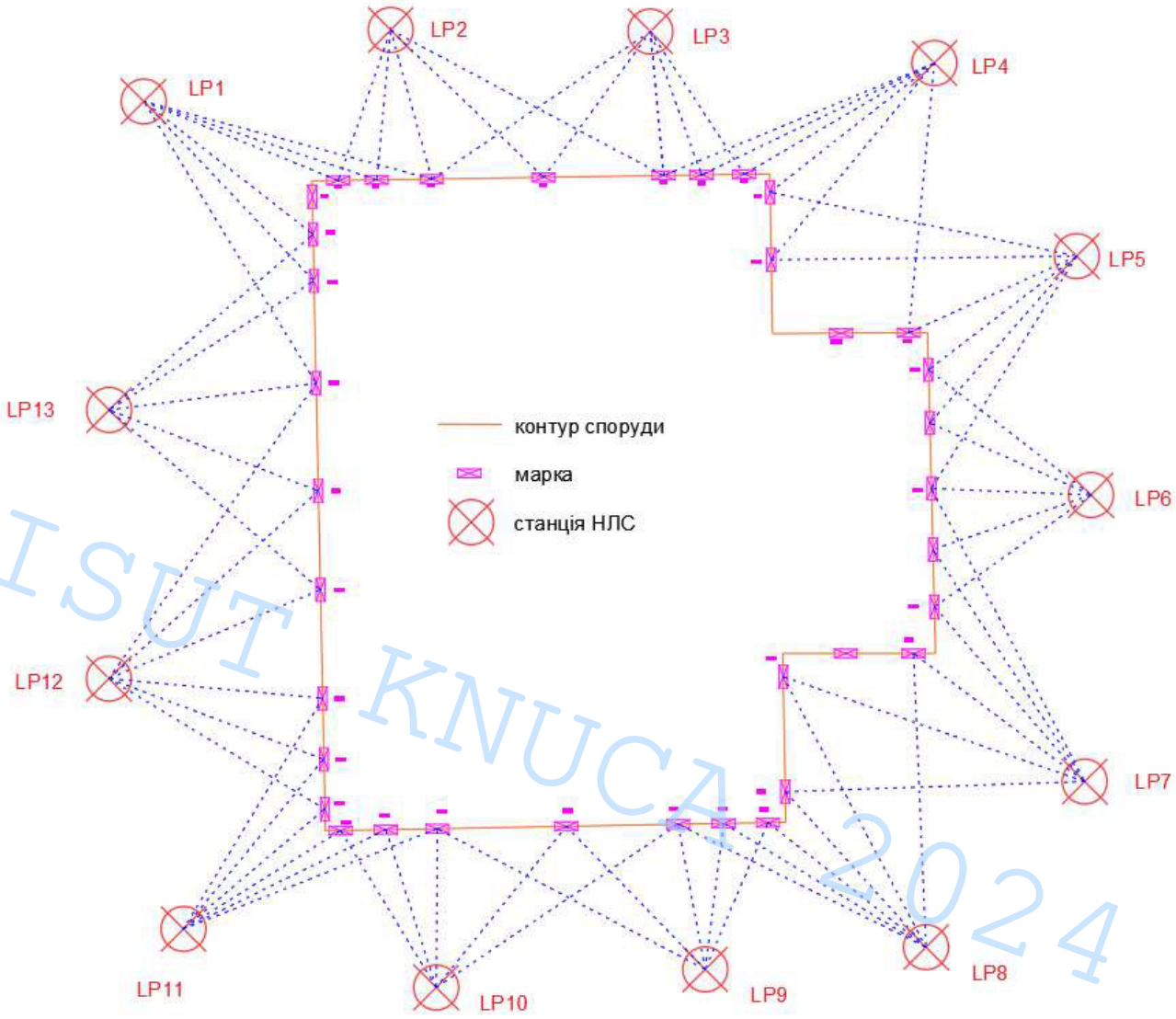
2.2. Створення планово-висотної опорної геодезичної мережі для забезпечення виконання обмірних робіт

2.2.1. Визначення точності опорної мережі НЛС

Запроектувавши і обрахувавши в ПЗ Credo DAT 3.0 опорну мережу (рис.2.2.1.1) навколо споруди, при умові використання приладу з СКП

GISUT KNUCA 2024

вимірювань кутів – 15" та відстаней – 2 мм, СКП її точності становило близько 5 мм.



GISUT KNUCA 2024

Рис.2.2.1.1. Схема запроектованої мережі за допомогою НЛС

Станції розташовувалися таким чином, щоб з кожної сусідньої було видно по три опорні цілі. Передача координат відбувається за допомогою опорних цілей розміщених на фасаді будинку. Нижче подано результати оцінки точності положення пунктів (рис.2.2.1.2.).

Відомість оцінки точності положення пунктів за результатами зрівнювання

M min	Пункт	M max	Пункт	M средняя
0,0020	OT2	0,0048	LP8	0,0035

Пункт	M	Mx	My	a	b	α
1	2	3	4	5	6	7
LP10	0,0031	0,0020	0,0024	0,0027	0,0016	55°59'40,7"
LP11	0,0034	0,0028	0,0020	0,0029	0,0017	154°22'00,1"
LP12	0,0032	0,0028	0,0017	0,0029	0,0015	15°52'19,3"
LP13	0,0026	0,0019	0,0018	0,0023	0,0012	43°52'28,8"
LP2	0,0028	0,0022	0,0018	0,0022	0,0017	14°27'57,2"
LP3	0,0042	0,0038	0,0020	0,0038	0,0018	165°59'31,0"
LP4	0,0047	0,0043	0,0018	0,0043	0,0018	178°14'14,6"
LP5	0,0043	0,0041	0,0013	0,0041	0,0013	2°49'59,3"
LP6	0,0043	0,0040	0,0017	0,0040	0,0017	1°19'16,3"
LP7	0,0041	0,0041	0,0000	0,0041	0,0000	0°00'00,0"
LP8	0,0048	0,0044	0,0021	0,0045	0,0017	16°11'05,0"
LP9	0,0044	0,0038	0,0022	0,0042	0,0013	25°54'34,6"
OT10	0,0044	0,0042	0,0013	0,0042	0,0013	5°09'55,7"
OT11	0,0043	0,0041	0,0015	0,0041	0,0014	6°28'58,9"
OT12	0,0043	0,0040	0,0017	0,0040	0,0017	5°02'29,7"
OT13	0,0043	0,0040	0,0018	0,0040	0,0018	3°33'01,6"
OT14	0,0044	0,0039	0,0020	0,0040	0,0020	2°26'39,1"
OT15	0,0043	0,0040	0,0017	0,0040	0,0017	1°08'26,5"
OT16	0,0042	0,0040	0,0015	0,0040	0,0015	179°30'03,6"
OT17	0,0042	0,0041	0,0011	0,0041	0,0011	178°37'29,1"
OT18	0,0042	0,0041	0,0010	0,0041	0,0010	1°53'48,9"
OT19	0,0042	0,0041	0,0008	0,0041	0,0008	3°04'12,8"
OT2	0,0020	0,0018	0,0009	0,0019	0,0007	20°01'45,0"
OT20	0,0042	0,0040	0,0013	0,0040	0,0013	4°10'26,9"
OT21	0,0041	0,0039	0,0013	0,0039	0,0012	5°25'16,3"
OT22	0,0040	0,0038	0,0013	0,0038	0,0013	4°24'18,0"
OT23	0,0031	0,0027	0,0014	0,0028	0,0013	8°21'43,9"
OT24	0,0024	0,0020	0,0014	0,0021	0,0013	18°14'15,3"
OT25	0,0023	0,0018	0,0014	0,0019	0,0013	22°44'37,3"
OT26	0,0023	0,0018	0,0015	0,0019	0,0014	21°56'04,9"
OT27	0,0025	0,0018	0,0017	0,0020	0,0015	35°46'59,9"
OT28	0,0025	0,0018	0,0017	0,0020	0,0014	38°32'11,9"
OT29	0,0026	0,0018	0,0019	0,0022	0,0015	49°29'35,1"
OT3	0,0023	0,0021	0,0009	0,0022	0,0006	18°56'30,8"
OT30	0,0028	0,0018	0,0021	0,0026	0,0010	49°54'24,4"
OT31	0,0026	0,0017	0,0020	0,0025	0,0009	51°28'49,8"
OT32	0,0029	0,0017	0,0023	0,0028	0,0007	54°39'13,7"
OT33	0,0023	0,0016	0,0017	0,0022	0,0007	46°19'41,9"
OT34	0,0021	0,0015	0,0015	0,0020	0,0007	45°26'26,2"
OT4	0,0027	0,0025	0,0009	0,0026	0,0007	14°31'25,9"
OT5	0,0032	0,0031	0,0010	0,0031	0,0008	11°16'25,7"
OT6	0,0043	0,0042	0,0011	0,0042	0,0010	5°28'25,9"
OT7	0,0044	0,0042	0,0011	0,0042	0,0010	5°11'48,4"
OT8	0,0045	0,0043	0,0012	0,0043	0,0011	6°52'01,8"

GISUT KNUCA 2024

Рис.2.2.1.2. Результат розрахунку мережі навколо споруди

Як видно із розрахунку мережі навколо споруди, точність визначення координат точок об’єкту нижча за допустиме значення і становить майже 5мм. Як висновок, можна зазначити, що для забезпечення необхідної точності вимірювань необхідно створити опорну геодезичну мережу приладом більш високої точності.

2.2.2. Загальна схема побудови геодезичної мережі

Отже, створення планово-висотної опорної геодезичної мережі для забезпечення виконання обмірних робіт за наступною схемою(рис.2.2.2.1.):

1. Побудова опорної геодезичної мережі за допомогою тахеометра.
2. Координування опорних цілей – марок з пунктів опорної мережі за допомогою тахеометра.
3. Визначення координат станцій НЛС від опорних точок, закріплених на споруді.

GISUT KNUCA 2024

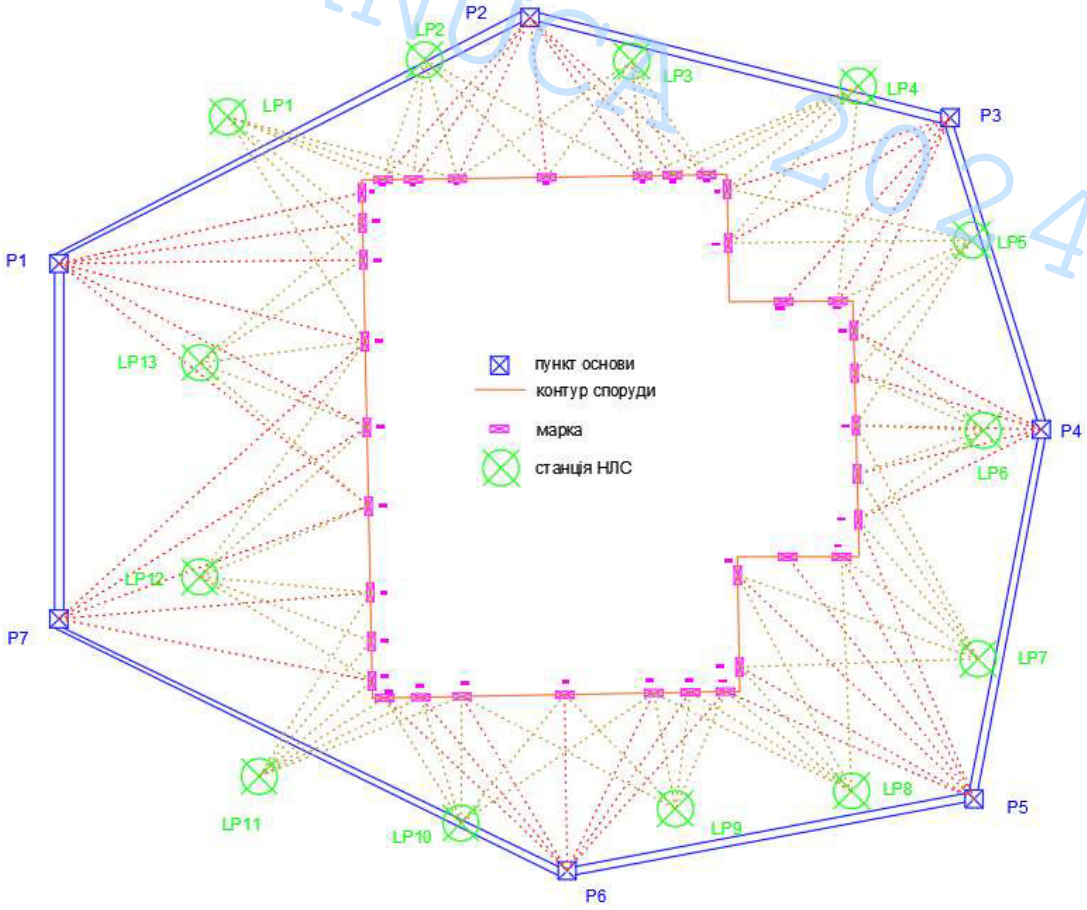
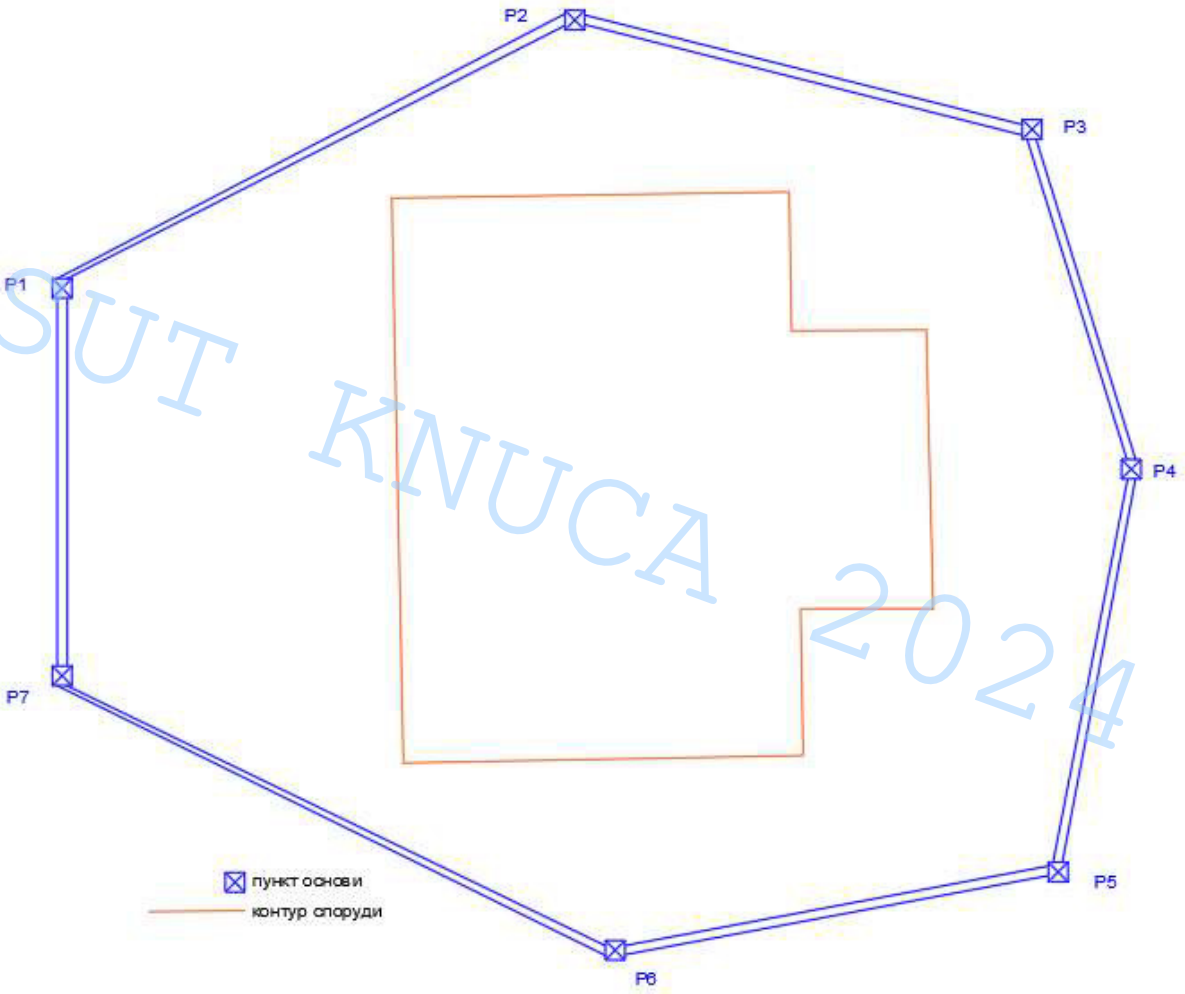


Рис.2.2.2.1. Загальна схема виконання геодезичних вимірювань

2.2.3. Створення опорної геодезичної мережі за допомогою тахеометра

Як було раніше зазначено, положення станцій одна від одної мають визначатися з точністю 2 мм. Тому запроектовано опорну геодезичну мережу у вигляді геодезичного семикутника. Побудова мережі відбувалася тахеометром з точністю вимірювання відстаней 1мм + 1 ppm та кутовою точністю 2″.

Нижче наведено на рис.2.2.3.1. схему розташування пунктів основи, контур споруди.



GISUT KNUCA 2024

Рис.2.2.3.1. Схема розташування пунктів основи

Мережа складається з семи пунктів. Станції розташовані таким чином, щоб при координуванні опорних цілей, центри не знаходились під великими кутами до приладу. Найбільша сторона мережі дорівнювала 23,7 м, найменша – 13,6 м.

Отже, виконано розрахунок точності цієї запроектованої мережі в ПЗ CredoDAT 3.0.

За результатами обрахунку (рис.2.2.3.2.) встановлено, що СКП її точності становило менше 2 мм, що повністю задовольняє вимоги.

Відомість оцінки точності положення пунктів за результатами зрівнювання

M min	Пункт	M max	Пункт	M средняя
0,0008	P7	0,0016	P4	0,0012

Пункт	M	Mx	My	a	b	α
1	2	3	4	5	6	7
P2	0,0009	0,0005	0,0008	0,0008	0,0005	113°08'45,7"
P3	0,0015	0,0012	0,0009	0,0014	0,0003	143°32'00,1"
P4	0,0016	0,0015	0,0005	0,0016	0,0003	164°13'34,5"
P5	0,0014	0,0014	0,0000	0,0014	0,0000	0°00'00,0"
P6	0,0012	0,0010	0,0007	0,0011	0,0006	24°50'55,9"
P7	0,0008	0,0006	0,0005	0,0006	0,0005	173°29'57,2"

Рис.2.2.3.2. Оцінка точності положення пунктів мережі за результатами вирівнювання

GISUT KNUCA 2024

2.2.4. Координування опорних цілей з пунктів опорної геодезичної мережі

Для орієнтування сканера на станції, тобто переходу в систему координат опорної геодезичної мережі вирішено закріпити марки на стінах споруди, по всьому периметру. Цілі розташовано рівномірно, в такій кількості, щоб з кожного місцеположення сканера було видно по три марки попередньої та наступної станції. Таким чином надлишковість вимірювань підвищує надійність та точність визначення параметрів орієнтування приладу. На рис.2.2.4.1. подано схему розташування марок

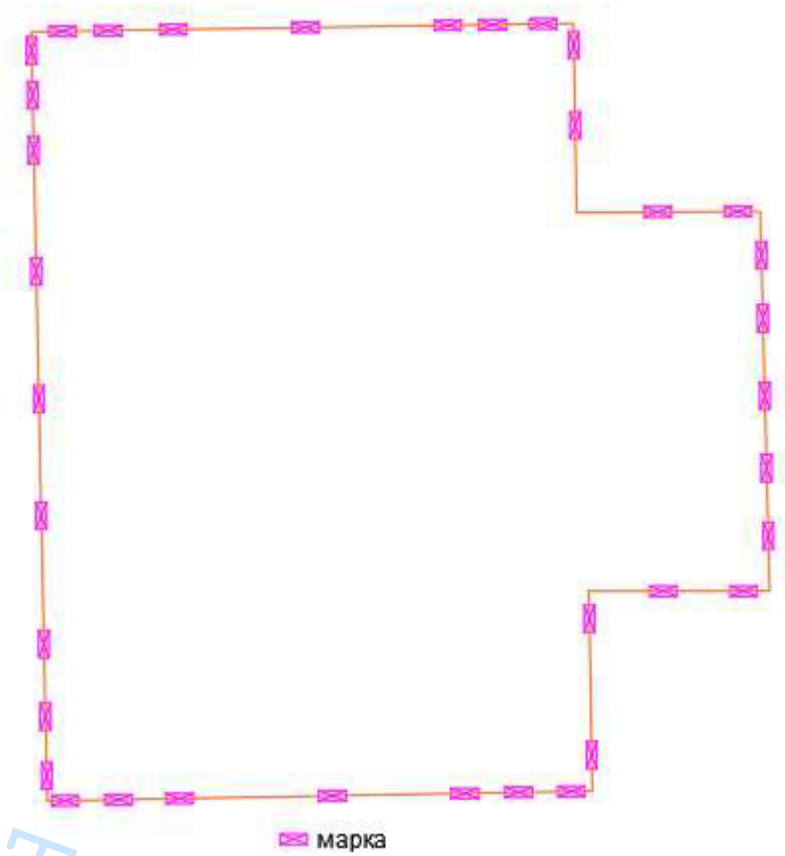


Рис.2.2.4.1. Схема розташування марок

Передача координат на марки з пунктів опорної геодезичної мережі відбувалася полярним способом (рис.2.2.4.2.). Для цього обрано тахеометр з точністю вимірювання відстаней 1мм + 1 ppm та кутовою точністю 2’’.

Розрахунок точності координування марки полярним способом виконано за наступною формулою:

$$m_M^2 = m_S^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \cdot S^2,$$

де m_S^2 – це СКП відкладення відстані; m_β^2 – СКП побудови кута; S – найдовша сторона.

Отже, $m_M = \sqrt{1^{\,2} + \frac{2^2}{206265^2} \cdot 17000^2} = 1$ мм;

GISUT KNUCA 2024

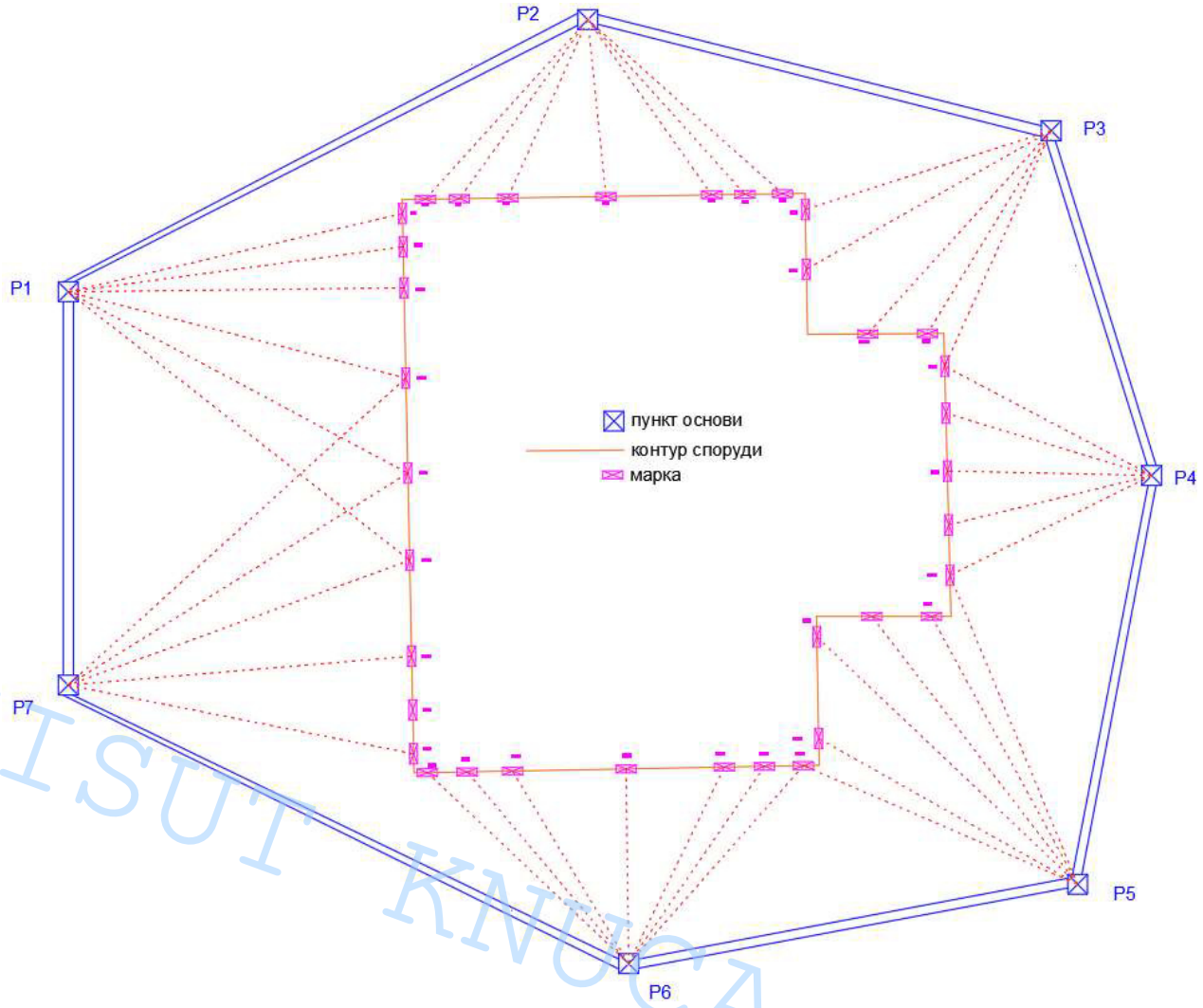


Рис.2.2.4.2. Схема координування марок з пунктів основи

GISUT KNUCA 2024

2.2.5. Визначення координат станцій НЛС від опорних точок

Відповідно, наступним етапом є визначенням місцеположення станції сканера за допомогою попередньо закоординованих марок в системі координат опорної мережі. Це також відбувається за принципом полярного методу. Отже, можна розрахувати точність визначення місця стояння НЛС за формулою:

$$m_{LP}^2 = m_S^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \cdot S^2,$$

де m_S^2 – це СКП відкладення відстані; m_β^2 – СКП побудови кута; S – найдовша сторона.

Таким чином, $m_{LP} = \sqrt{2^2 + \frac{15^2}{206265^2} \cdot 12000^2} = 2{,}2$ мм;

2.2.6. Знаходження загальної похибки виконання геодезичних робіт

Заключним і важливим етапом є визначення загальної похибки, яка в собі включає похибку визначення координат пунктів основи, похибку визначення координат марок з пунктів опорної мережі та похибки визначення координат станцій з опорних цілей. Розраховується за формулою:

$$m_3^2 = m_P^2 + m_M^2 + m_{LP}^2,$$

де m_P^2 – це похибка визначення координат пунктів основи; m_M^2 – похибку визначення координат марок; m_{LP}^2 – похибка визначення координат станцій НЛС.

Таким чином, $m_3 = \sqrt{1{,}6^2 + 1^2 + 2{,}2^2} = 2{,}9$ мм;

Як висновок, можна зазначити, що необхідної точності вимірювань досягнуто.

GISUT KNUCA 2024

2.3. Методика виконання вимірювань фасадів споруди за допомогою наземного лазерного сканера

Як відомо, що для якісного та надійного зв'язування станцій лазерного сканування, а також для передачі координат з опорної геодезичної мережі до хмари точок потрібні опорні цілі. Існує достатня кількість різних видів опорних цілей. Немає ідеальних варіантів, кожен має свої недоліки та переваги. В нашому випадку, опорними цілями є марки, котрі закріплені по периметру фасаду будівлі. Перевагами цього виду є:

- можливість використання великої кількості опорних знаків;
- можливість визначення координат центру вручну;
- можливість визначення координат цілі класичними методами геодезії.

Основні принципи розташування опорних цілей під час сканування:

- встановлення цілі у стійкі місця та місця тривалого зберігання;
- встановлення цілі на відстані не більше 20-25 м від сканера;

- встановлення цілі з урахуванням достатньої кількості точок вимірювань на неї (для сфери це 21 точка);

- встановлення не менше трьох цілей між сусідніми сканами;

- використання цілей із якомога більшої кількості сканів;

Оскільки лазерний сканер не виконує безпосереднє вимірювання кутів на ціль, на відміну від класичної геодезії, збільшення відстані до цілі не призводить до збільшення точності наведення. Лазерний сканер виконує сканування цілі із певним кроком. Внаслідок збільшення відстані тільки зменшується кількість точок на сфері та знижується точність визначення відстаней до цілі. Таким чином збільшення відстані призводить до зниження точності визначення координат цілі. Оптимальне розташування цілі при наземному лазерному скануванні від 2 до 10 м. В нашому випадку найбільшою відстанню від НЛС до опорної точки є 12 м.

Розташування опорних цілей між сусідніми сканами показано на рис.2.3.1.

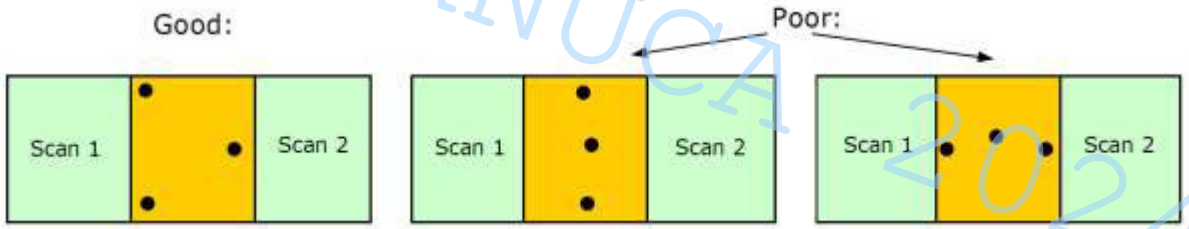


Рис.2.3.1. Схема порівняння різних варіантів розташування опорних цілей

Зеленим кольором показані скани, жовтим - перекриття сканів. Перекриття має бути, щоб скани доповнювали один одного. Опорні цілі потрібно розташовувати рівномірно у всій спільній області сканів. Бажане розташування опорних цілей – це геометрична фігура найбільшої площі.

GISUI KNUCA 2024

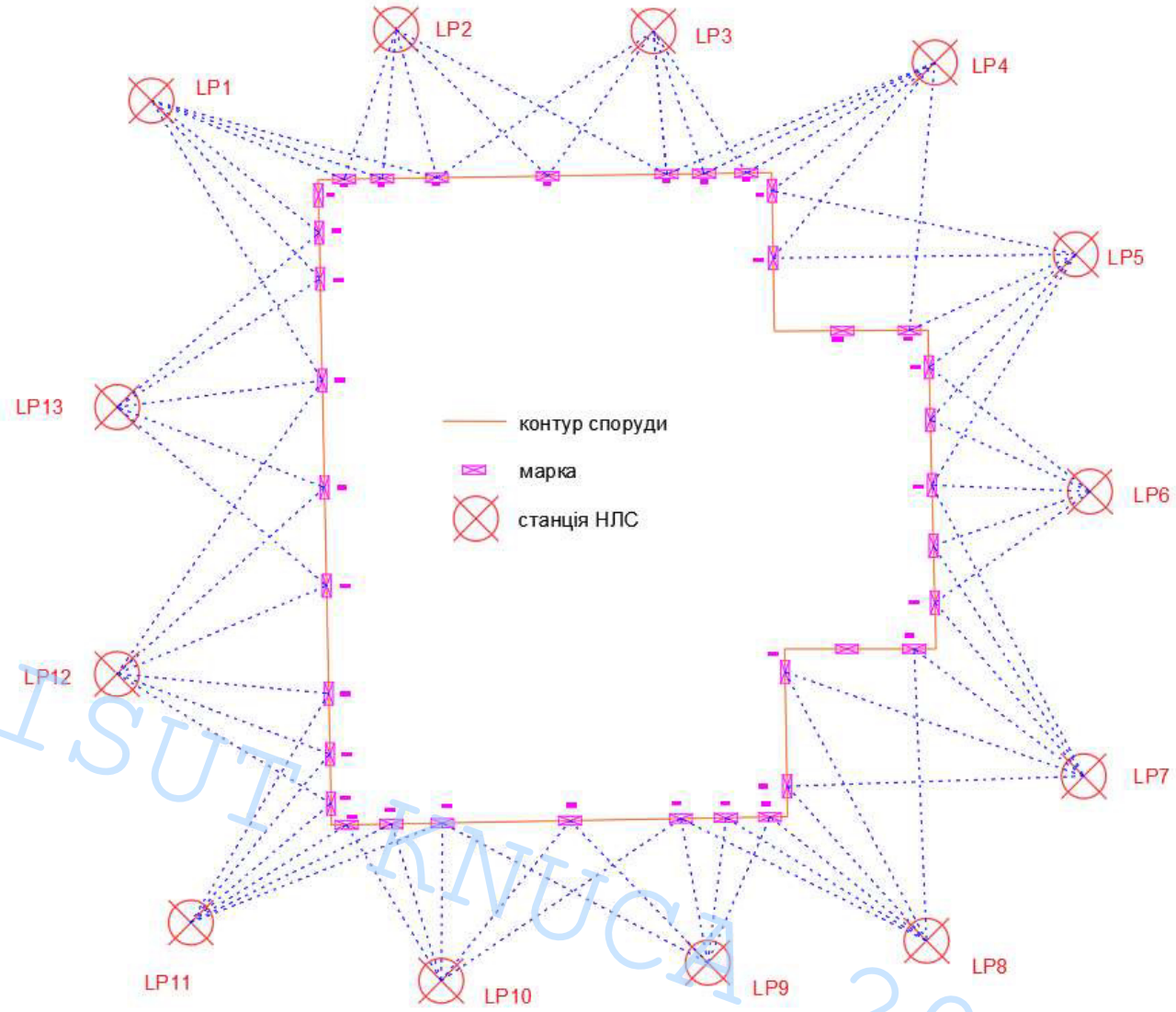


Рис.2.3.2. Схема розміщення станцій НЛС та опорних цілей у вигляді марок

Сканер має розташовуватися таким чином, щоб забезпечити перекриття мінімум 30 відсотків поверхні об’єкту між сусідніми сканами, а також забезпечити вимірювань недоступних місць із сусіднього скана. Краще провести більше сканів із повним виконанням вимог до сканування та в майбутньому розрідити хмару точок, ніж провести меншу кількість із граничним виконанням вимог. В нашому випадку знадобилося 13 станцій сканування навколо об’єкту, щоб забезпечити відповідні вимоги.

Важливим параметром при виконання вимірювань за допомогою НЛС є кут падіння лазерного променю. Він залежить від висоти об’єкта, висоти встановлення сканера та відстані між ними. Чим гостріший кут від

перпендикуляру до площини знімання, тим ймовірніше отримати «дірки» та «тіні» у хмарі точок. Відповідно ця умова також має враховуватися при виконанні сканування.

Під час сканування задається щільність вимірювань та якість (точність) вимірювань кожної точки. Загалом існує можливість сканування у кольорі, інакше буде зроблений чорно-білий скан, градації сірого залежати від інтенсивності відбиття лазерного променю. Все це безпосередньо впливає на час сканування кожного скану. Інтенсивність відбиття залежить від кольору об’єкту та його дзеркальності. В нашому випадку сканування виконувалося в чорно-білому кольорі, адже зазвичай оброблення сканувань в таких параметрах призводить до кращих результатів. При накладанні кольорів відбувається неточність і картинка в кольорі може дещо не збігатися з хмарою точок.

Одним з найважливіших етапів виконання вимірювань за допомогою НЛС є контроль вимірювань.

Як і при виконанні «класичних» геодезичних вимірювань, контроль є невід’ємною та важливою частиною роботи. Контроль необхідно виконувати як під час вимірювань, так і під час оброблення вимірювань. Під час вимірювань контроль полягає у польовій перевірці сканів, їх успішності та наявності всіх необхідних зон вимірювань. Під час сканування вибирають та вимірюють декілька характерних геометричних розмірів об’єкту альтернативними методами. Під час оброблення контроль полягає у:

- перевірці координат однієї і тієї ж точки із різних сканів;
- замиканням об’єкту між першим та останнім «сканом по колу»;
- визначенні характерних геометричних розмірів, виміряних «альтернативними методами» по сканах та по моделі (за наявності);
- контролю горизонтальності та вертикальності поверхонь

2.4. Оброблення результатів вимірювань, створення «хмари точок» об’єкту вимірювань

GISUI KNUCA 2024

Загалом, всі фірми-виробники НЛС мають власні програми для оброблення вимірювань лазерного сканування. Наприклад це, Faro SCENE, Leica Cyclone, Trimble Real Works. Також оброблювати вимірювання лазерних сканерів можливо і в програмах сторонніх виробників. В першу чергу це Autodesk ReCap та Cloud Compare. В нашому випадку використовувалося ПЗ SCENE.

Під час оброблення вимірювань лазерного сканування виконуються наступні операції:

1. Передоброблення.
2. Реєстрація сканів.
3. Редукування вимірювань.
4. Формування хмари точок.

В деяких ПЗ такі операції можуть відбуватись одночасно або бути відсутніми.

Перед обробленням створюється проект (рис.2.4.1.)

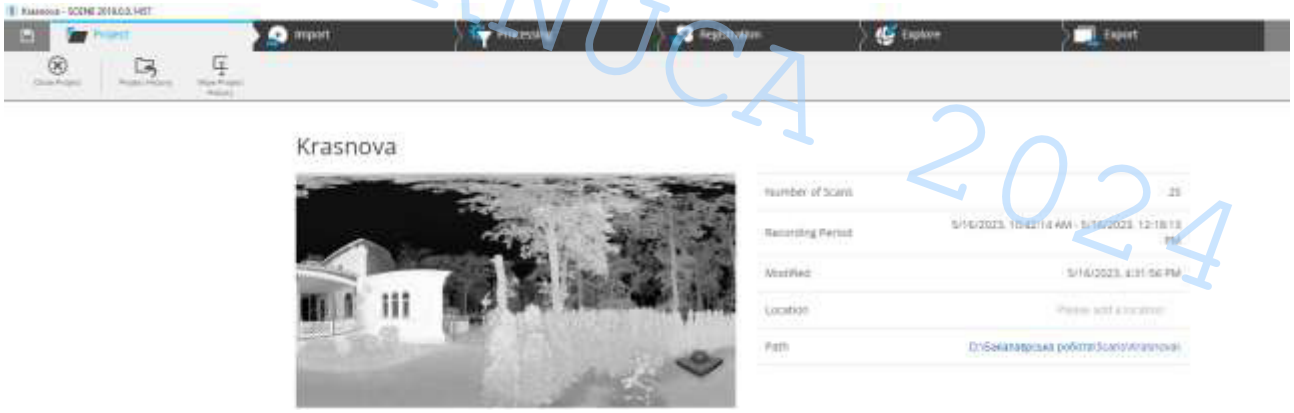


Рис.2.4.1. Створений проект в пз SCENE

Далі відбувається імпорт сканів (рис.2.4.2.)

GISUT KNUCA 2024

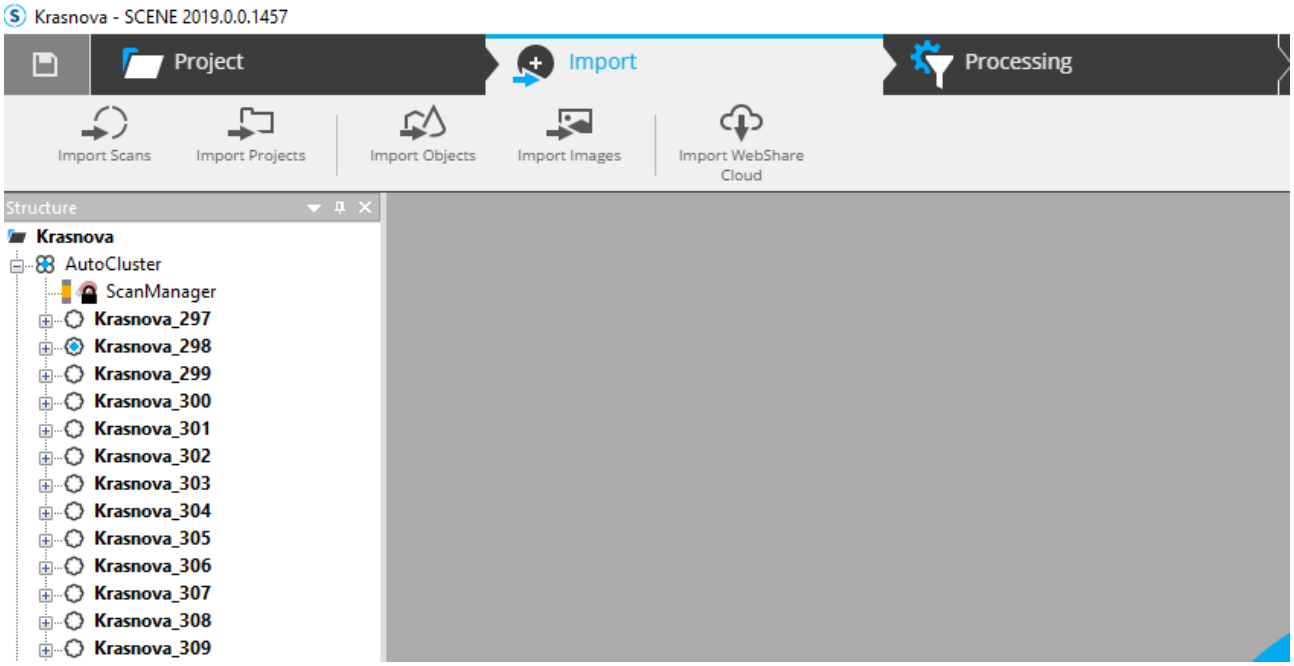


Рис.2.4.2. Імпортовані скани в створений проект

Після цього обираються скани та задаються параметри передоброблення (рис.2.4.3.).

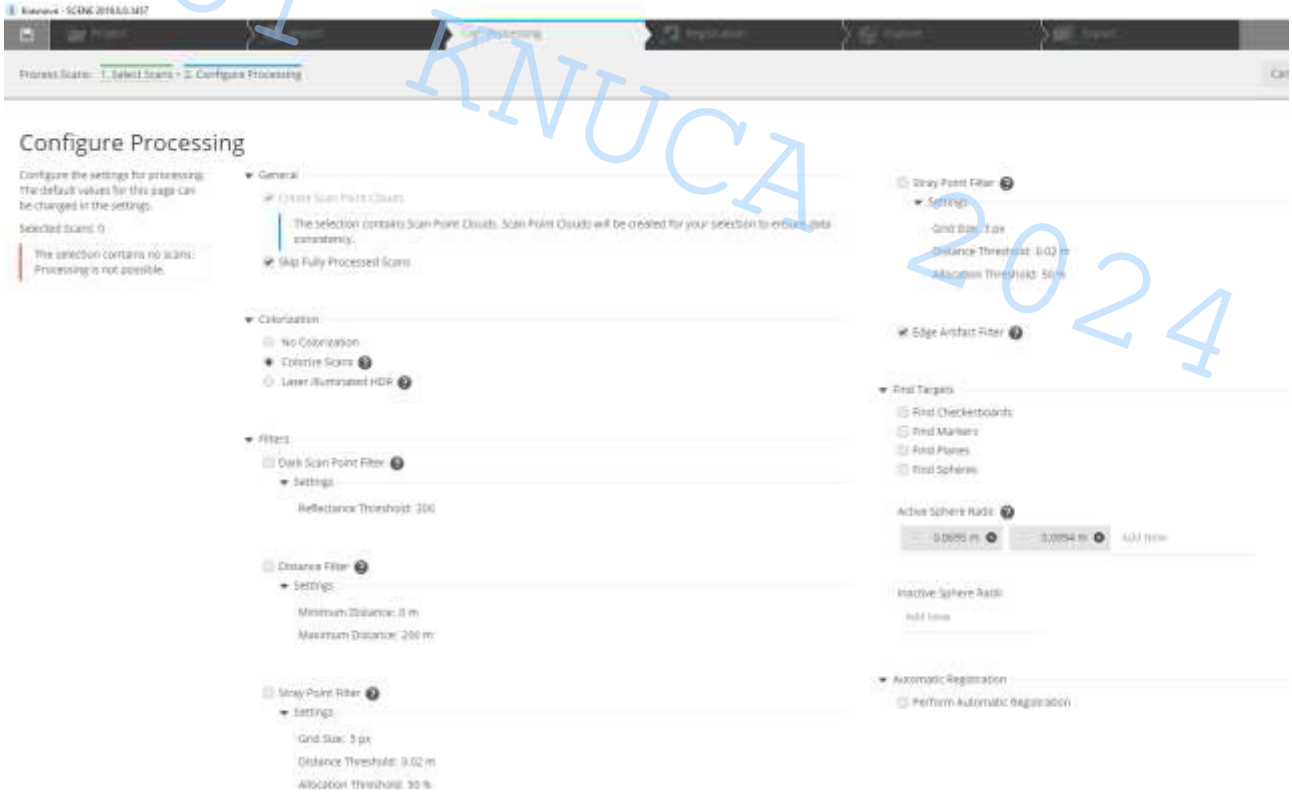


Рис.2.4.3. Встановлення параметрів передоброблення

Під час передоброблення вимірювань виконується побудова «хмари точок» з вимірювань окремого скана. Визначаються координати кожної точки хмари по виміряним горизонтальним та вертикальним кутам та відстані,

GISUT KNUCA 2024

визначається колір кожної точки за інтенсивністю або на основі накладання виконаного фотографування. Вводяться поправки у координати за нахил сканера, орієнтирний напрямок та координати точки стояння, якщо ці параметри були ввімкнуті під час сканування.

Наступний кроком є реєстрація сканів. На цьому етапі виконується прив'язування різних сканів між собою. Тобто знаходяться спільні точки, опорні марки, спільні поверхні та інше і таким чином відбувається зшивання сканів.

Існують різні методи зшивання сканів у єдину «хмару точок», такі як:

1) автоматичне зшивання;

2) метод візуального суміщення;

3) метод «розділеного екрану»:

а) по характерних точках;

б) по опорних цілях(сферах, марках);

Зшивання невеликих і простих об'єктів із достатнім розташуванням спеціалізованих цілей часто зшивають в автоматичному режимі. Автоматичне зшивання виконується шляхом накладання хмар точок між різними сканами та у випадку складних об'єктів може призводити до неточних результатів.

Метод зшивання сканів при накладанні спільних площин більш вдало реалізований саме в Cyclone та TRW. В цих ПЗ є можливість накладати сусідні скани одне на одного як у плані так і по висоті. В ПЗ SCENE накладання можливо зробити лише у плані, в ПЗ ReCap такий метод взагалі відсутній.

У цього методу є дві проблеми:

1. Точність накладання площин – адже це робиться на планах та розрізах приведених до масштабу приміщення;

2. Складність у накладанні при переході з одного приміщення в інше;

Таким чином, цей метод служить рідше наближенням у положенні сканів для проведення автоматичного зшивання.

GISUT KNUCA 2024

При виконанні зшивання методом розділеного екрану в деяких ПЗ (ReCap, Scene) є фотографічне зображення на сканах, яке легко масштабується та дозволяє провести точне наведення на вибрану ціль.

Перед тим як приступити до ручного зшивання треба обрати пару сусідніх сканів (рис.2.4.4.).

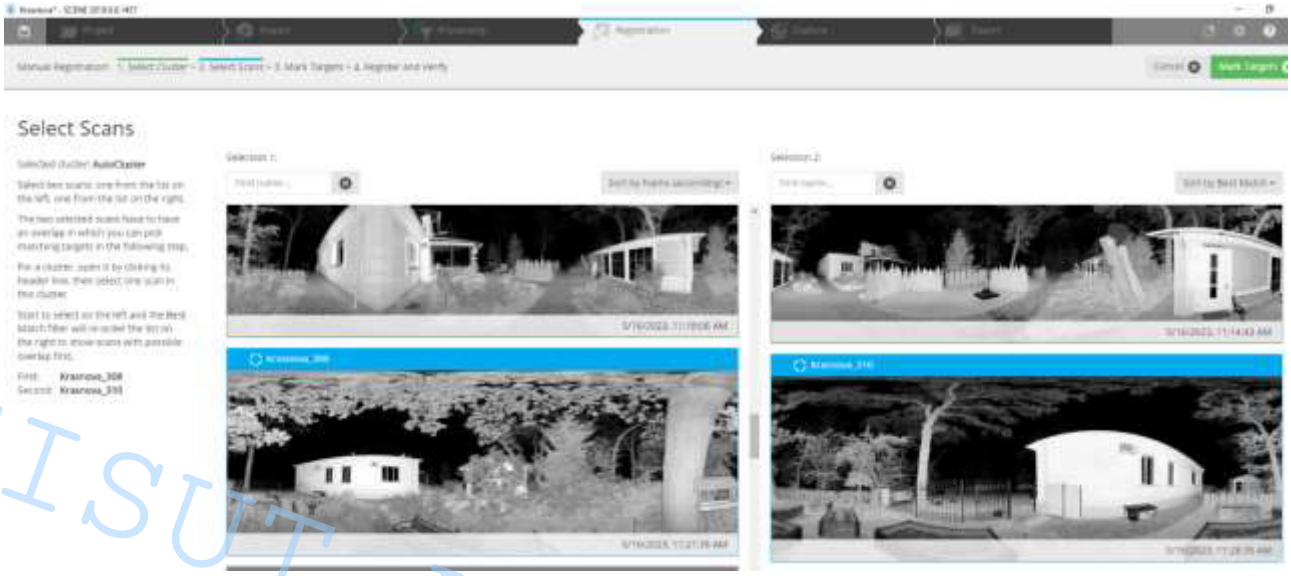


Рис.2.4.4. Вибір сусідних сканів

Далі знаходяться мінімум три спільні точки, або опорні цілі, або поверхні, або поєднання цих видів цілей. Цей процес зображено на рис.2.4.5.

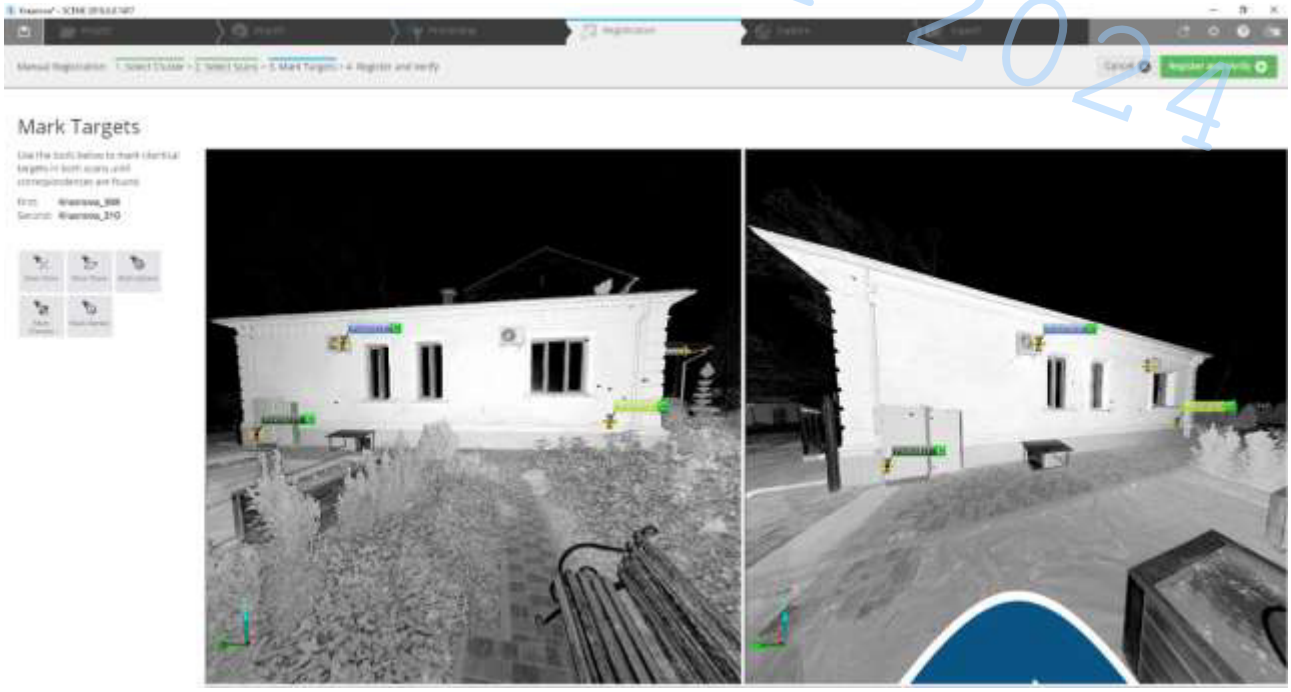


Рис.2.4.5. Знаходження трьох спільних цілей на сусідніх сканах

Таким чином так реєструються всі наявні скани між собою (рис.2.4.6.)

GISUT KNUCA 2024

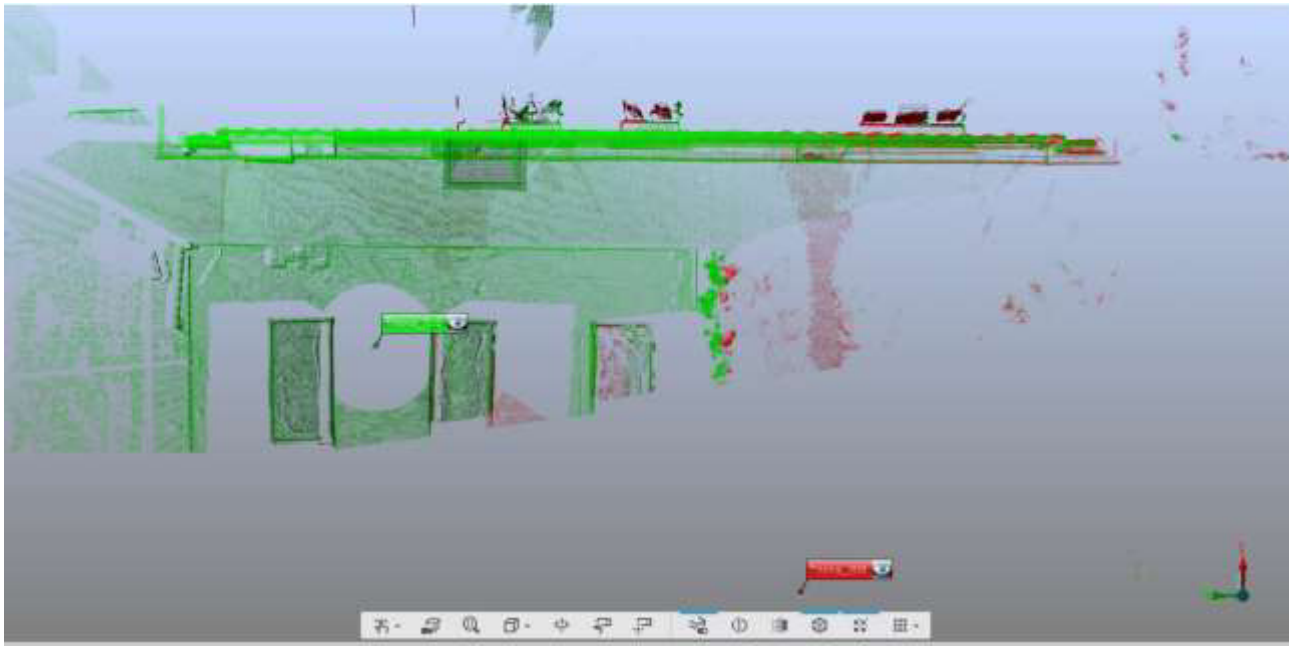


Рис.2.4.6. Реєстрація сканів

Після того як реєстрацію закінчено, ПЗ рекомендує виконати глобальну оптимізацію, щоб мінімізувати помилки (рис.2.4.7.).

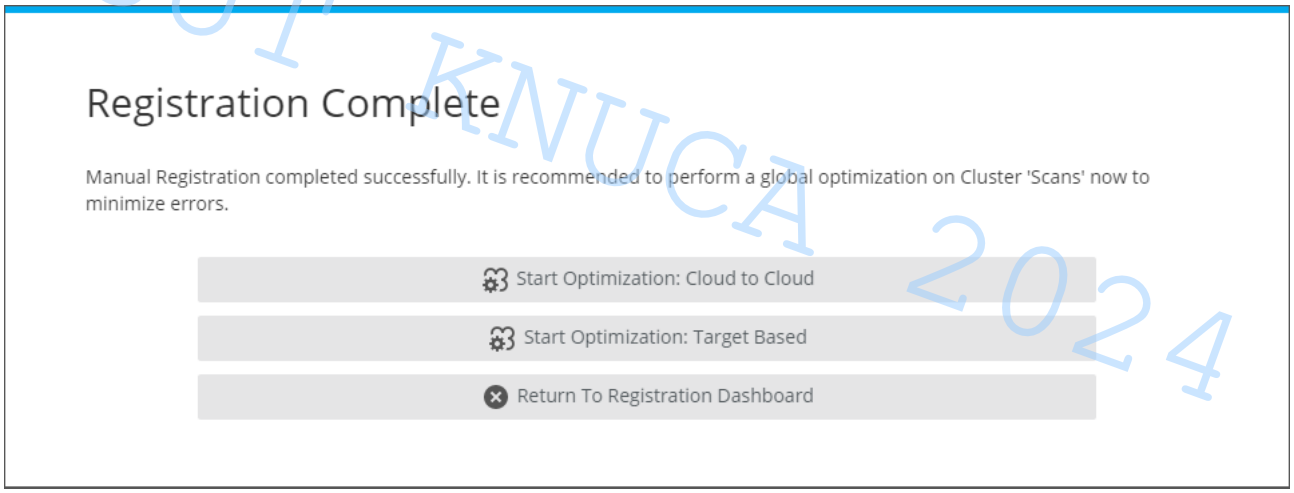


Рис.2.4.7. Вікно закінчення ручної реєстрації

Варто обирати оптимізацію «Cloud to Cloud», тобто накладання хмари точок до хмари точок між сканами, оскільки поверхні стають рівними та можливі неточності нівелюються. Як результат цього етапу, ми отримуємо зшитий проект. На рис.2.4.8. показано результати реєстрації.

GISUT KNUCA 2024

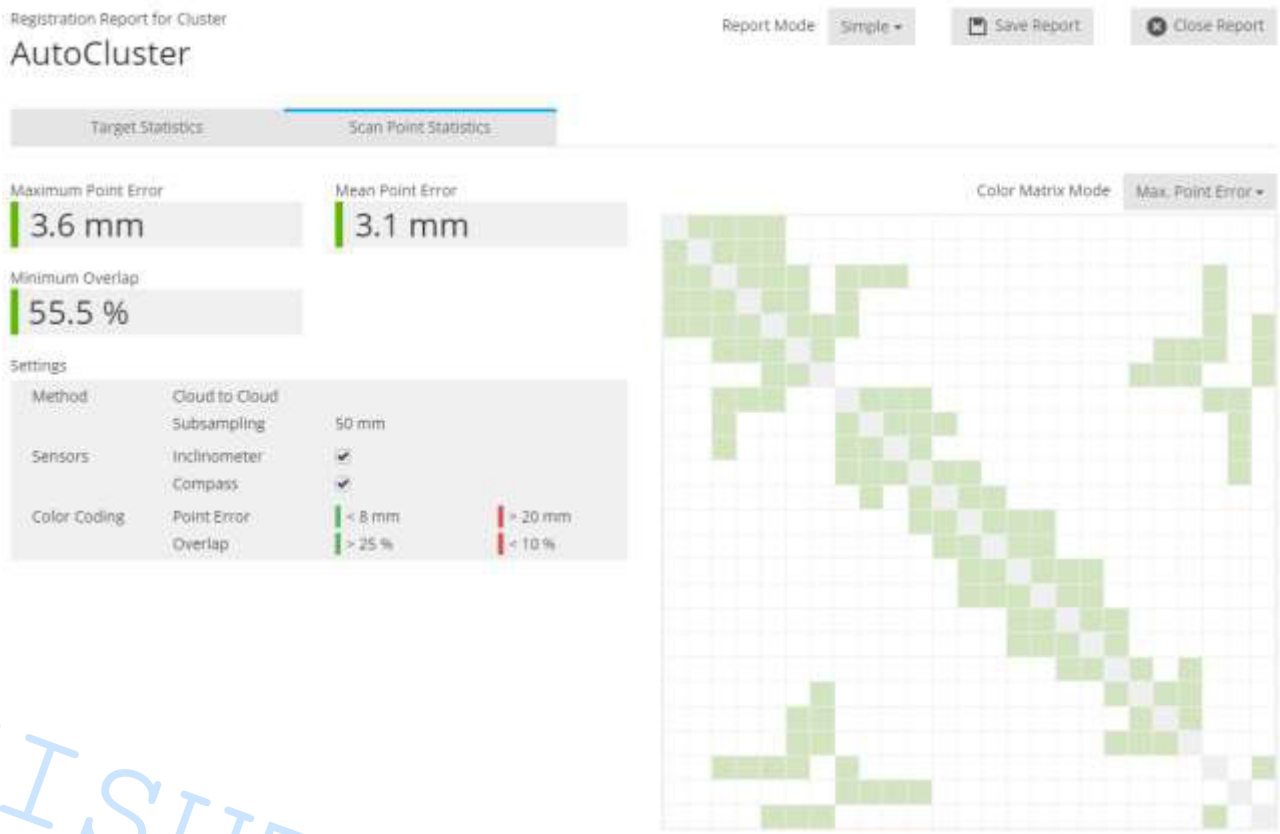


Рис.2.4.8. Звіт про реєстрацію сканів

Відображено, що мінімальне перекриття майже 60%, максимальне відхилення менше 4 мм, а середнє – 3 мм.

Наступною операцією є редукування вимірювань. Якщо вимірювання необхідно виконати в якійсь системі координат, відповідно проект після зшивання потрібно туди відредукувати.

Редукування в систему координат відбувається наступним порядком:

1. Імпорт файл в форматі .csv, котрий містить назву опорних цілей і координати x,y,z.

2. Виконання функції «Place Scans» (рис.2.4.9.), котра проект імплементує в потрібну систему координат по опорним цілям.

GISUT KNUCA 2024

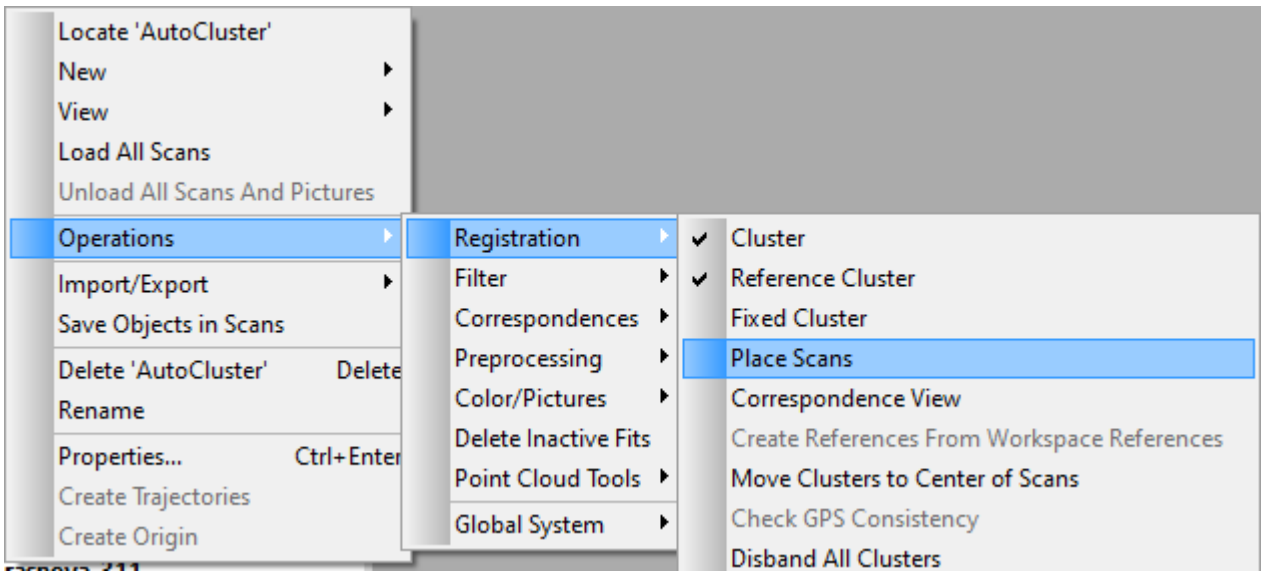


Рис.2.4.9. Функція «Place Scans»

Заключним етапом оброблення є формування хмари точок. Справа в тому, що чим далі знаходиться об’єкт сканування, тим рідше на нього потрапляють точки сканування. Відповідно це призводить до того, що по об’єкту хмара точок не рівномірна. Працювати з такою хмарою точок не зручно, тому в ПЗ є функція створення хмари точок. На рисунку 2.4.10. показані налаштування хмари точок, де головним моментом є гомогенізація точкової щільності. Тобто хмару точок робимо рівномірної, наприклад, кожні 1.5 мм. Хмара точок буде розрідженою в тих місцях де вона дуже щільна.

GISUT KNUCA 2024

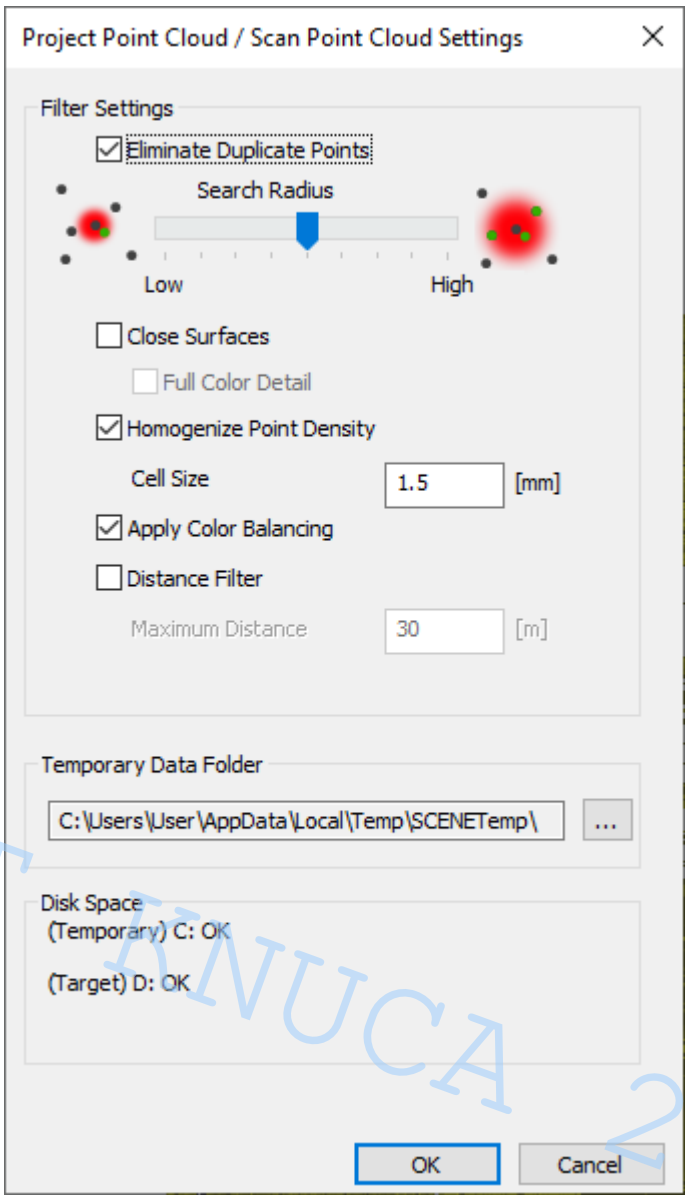


Рис.2.4.10. Налаштування створення розрідженої хмари точок

Після успішного створення хмари точок з'являється можливість експорту в наступних форматах (рис.2.4.11.)

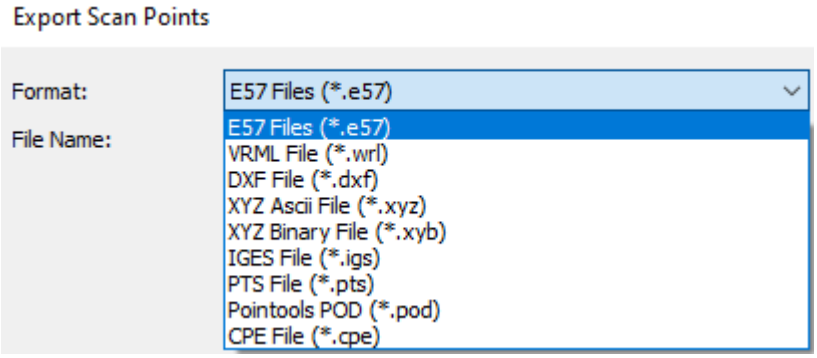


Рис.2.4.11. Наявні формати експорту хмари точок в ПЗ SCENE

GISUT KNUCA 2024

Найбільш популярним і зручним є формат .e57. Він дозволяє навіть додатково зшивати і оброблювати хмари точок, адже інформація про станції сканування зберігається.

Так як подальші дії з хмарою точок будуть відбуватися в ПЗ Autodesk Revit, то її необхідно завантажити в ПЗ Autodesk ReCap, котрий сприймає формат .e57. Відбувається імпорт в ReCap та отримуємо ті ж самі дані з ПЗ SCENE (рис.2.4.12)

GISUT KNUCA 2024

Рис.2.4.12. Хмара точок в ПЗ ReCap

Заключним етапом є експорт хмари у форматі .rcp і імпорт її в ПЗ Autodesk Revit для створення 3D-моделі споруди

РОЗДІЛ 3. СТВОРЕННЯ 3D-МОДЕЛІ СПОРУДИ В AUTODESK REVIT

3.1. Відтворення осей та рівнів об’єкту вимірювань

Найпершим кроком в моделюванні споруди є відтворення осей та рівнів об’єкту вимірювань.

Дана споруда має три основних рівні та два додаткових. Найнижчим рівнем є підвал, що знаходиться глибше на 3 метра від рівня першого поверху. Рівень з відміткою 0 – це підлога першого поверху. Наступним є додатковий рівень один з відміткою 1,36 м, котрий збігається з краєм підвального даху. Рівень другого поверху знаходиться на висоті 3,5 м. І крайнім є додатковий рівень другого поверху з відміткою 6,26 метра, на котрому знаходиться початок другого даху.

GISUT KNUCA 2024

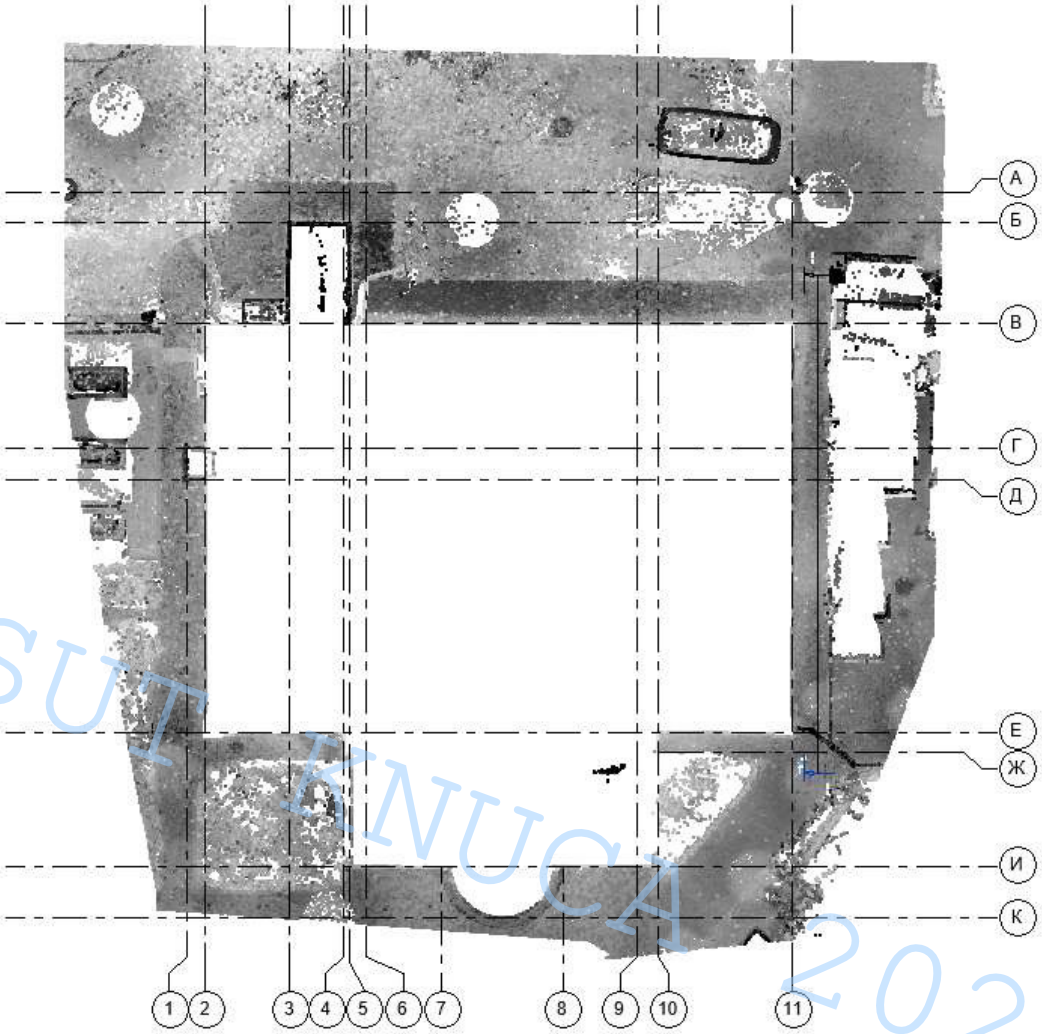
Рис.3.1.1. Налаштовані рівні споруди

Рівні будувалися за допомогою системного сімейства «Рівні», за тип було взято стандартний шаблон Revit «Верхній брус 8мм». Так як хмара точок не зовсім рівна в горизонтальному положенні, відповідно вихідний рівень трохи повернутий задля забезпечення суміщення з поверхнею, а всі інші рівні побудовані відносно першого.

Наступним кроком було відтворення осей (рис.3.1.2.)

Побудова осей відбувалася за допомогою системного сімейства «Вісь сітки». Для створення марки осі використовувалося категорія сімейства

«Метрична система, типова анотації». В ній було зроблено марку з окружністю в 6.5 мм. Осі суміщалися з усіма уступами стін та інших несучих елементів



GISUT KNUCA 2024

Рис.3.1.2. Відтворені осі споруди

3.2. Створення несучих елементів споруди (стін, перекриттів)

Так як споруда має підвальне приміщення, першим було створено фундамент підвалу товщиною 300 мм. В другу чергу, на ньому було побудовано 500-мм цегляні фундаментні стіни висотою 2,65 м. Попереду та позаду споруди, фундаментні стіни висотою 3 м, та обкладені зверху 20-мм плиткою. Вихід з підвалу зроблений 120-мм цегляною стіною висотою 1,85 м. Також навколо споруди було відтворено поверхню землі, яка не є рівною.

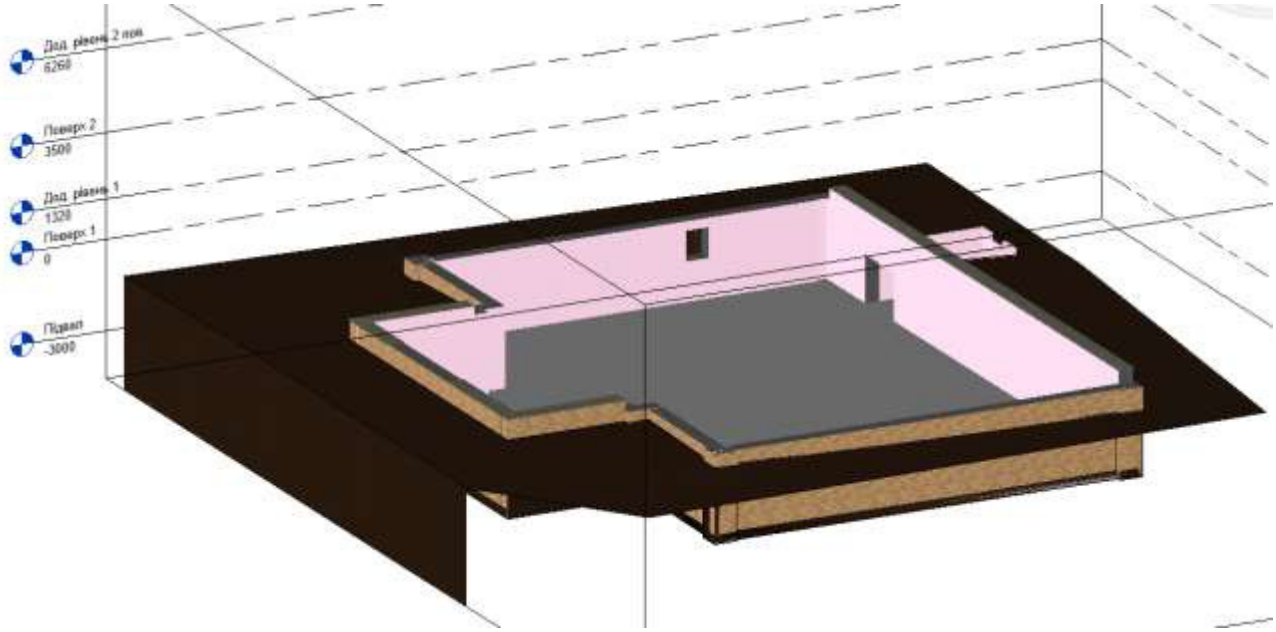
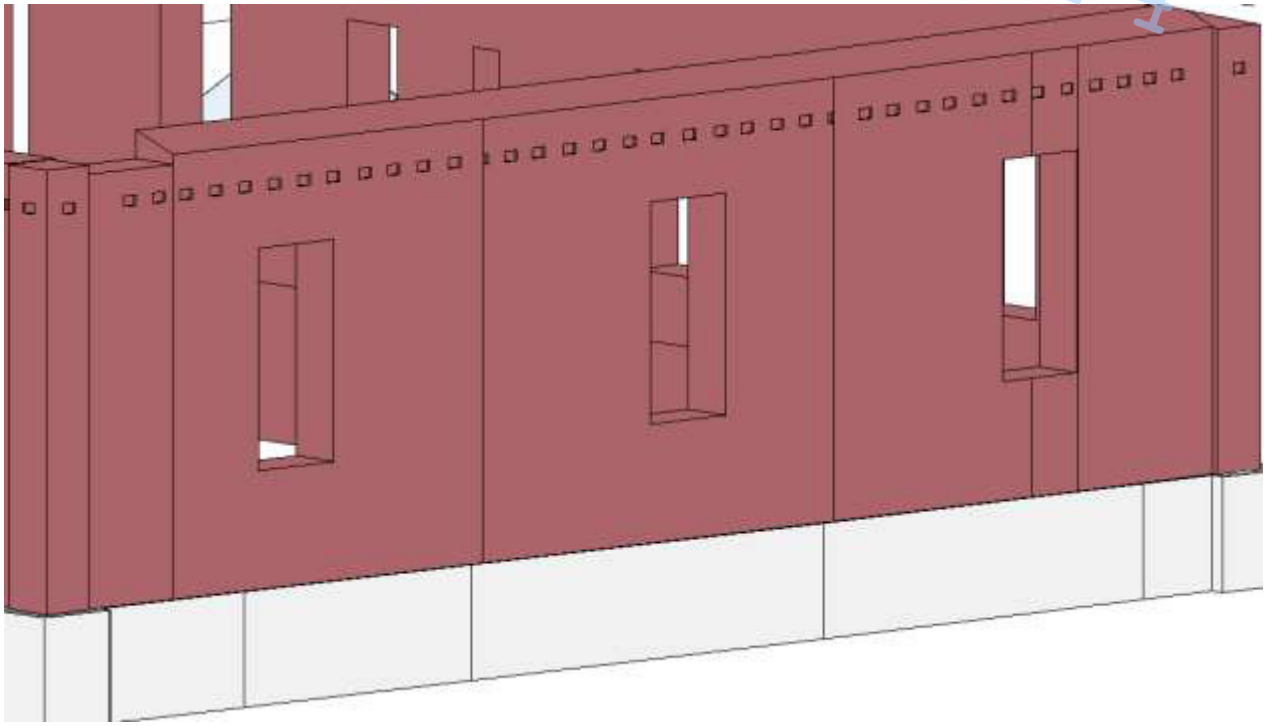


Рис.3.2.1. Створені несучі елементи споруди до першого поверху

Загалом, найбільшим нюансом, особливістю роботи із хмарою точок по готовому об’єкту є нерівність площин, поверхонь, ліній тощо. Наприклад, в цьому об’єкті стіни є кривими і це унеможливлює побудову одним елементом. В даному випадку стіни є складовим із кількох об’єктів, кожен з яких, із заздалегідь, вибраною точністю відтворює положення частини стіни на місцевості(рис.). Побудова в такому разі відбувається з вимкнутою прив’язкою.



GISUT KNUCA 2024

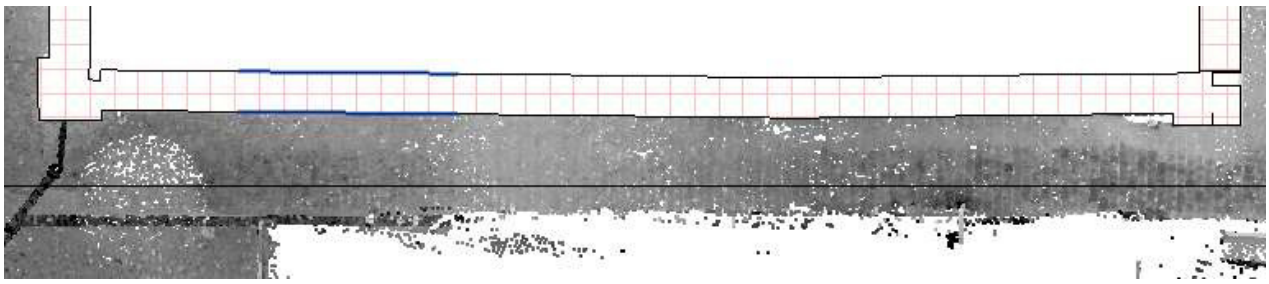
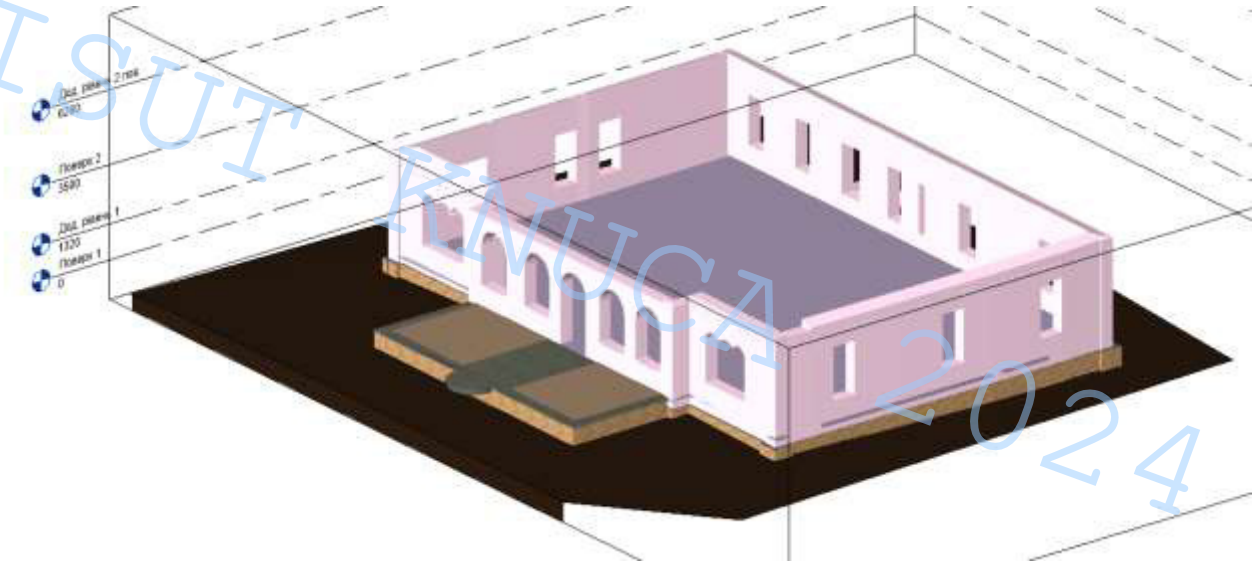


Рис.3.2.2. Відображення побудови стін з декількох елементів

Отже, наступним кроком була побудова перекриття та стін першого поверху. Створено цегляні стіни товщиною 510 мм та висотою 3,5 метри. Побудовано 150-мм перекриття. У споруди є тераса перед входом, котра має 200-мм перекриття, на котрому розміщена 20-мм плитка, і в деяких місцях покладено ламінат.

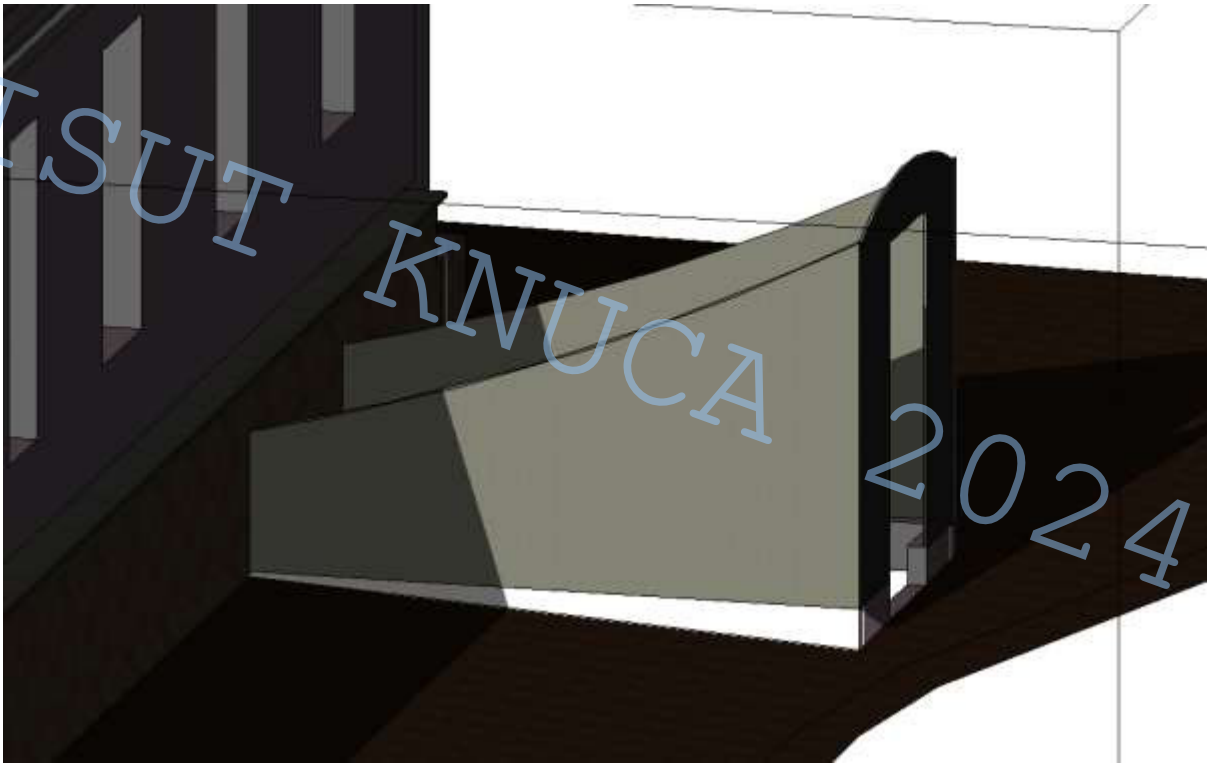


GISUT KNUCA 2024

Рис.3.2.3. Створені несучі елементи споруди до другого поверху

Далі було створено 150-мм перекриття другого поверху з керамічною плиткою. На другому поверсі побудовано одну несучу цегляну стіну та три обшиті дерев'яною 50-мм дошкою. Зроблено вихід під балкон. Позаду споруди, вихід з підвалу створений з 20-мм полікарбонатних стін. Перед терасою, через системне сімейство створено монолітні сходи з конструктивною висотою маршу 150 мм та товщиною площадки 300 мм одинарним. Тип марки вирізу є одинарний зигзаг.

Рис.3.2.4. Створені несучі елементи споруди другого поверху



GISUT KNUCA 2024

Рис.3.2.5. Стіни з полікарбонату

Всі стіни в цьому підрозділі створено за допомогою системного сімейства «Базові стіни».

Заключним етапом цього пункту є створення дахів. Всього у об’єкта налічується 7 дахів.

Першим є 100-мм дах створений по контуру у системному сімействі «Базові дахи», він покриває перший поверх і знаходиться на рівні другого поверху.

Структурою слою є обрешітка та металевий лист. Ухили становлять 20-30 градусів.

Наступним є двосхилий дах такої товщини та структури, але створений витисканням. Він покриває другий поверх і базовий рівень якого є додатковий 2-го поверху.

Третьою конструкцією є дах над терасою з подібними до минулих характеристиками та ухилом в 5 градусів.

Подальшим і прилеглим до даху другого поверху є накриття для балкону створене також за допомогою видавлювання.

На даху першого поверху за допомогою функції «Шахта», створено проріз для виходу на верх споруди. Він накритий 170-мм дахом з металевим листом та обшитий 20-мм дерев'яними стінами (рис.3.2.6.)

GI SUT KNUCA 2024

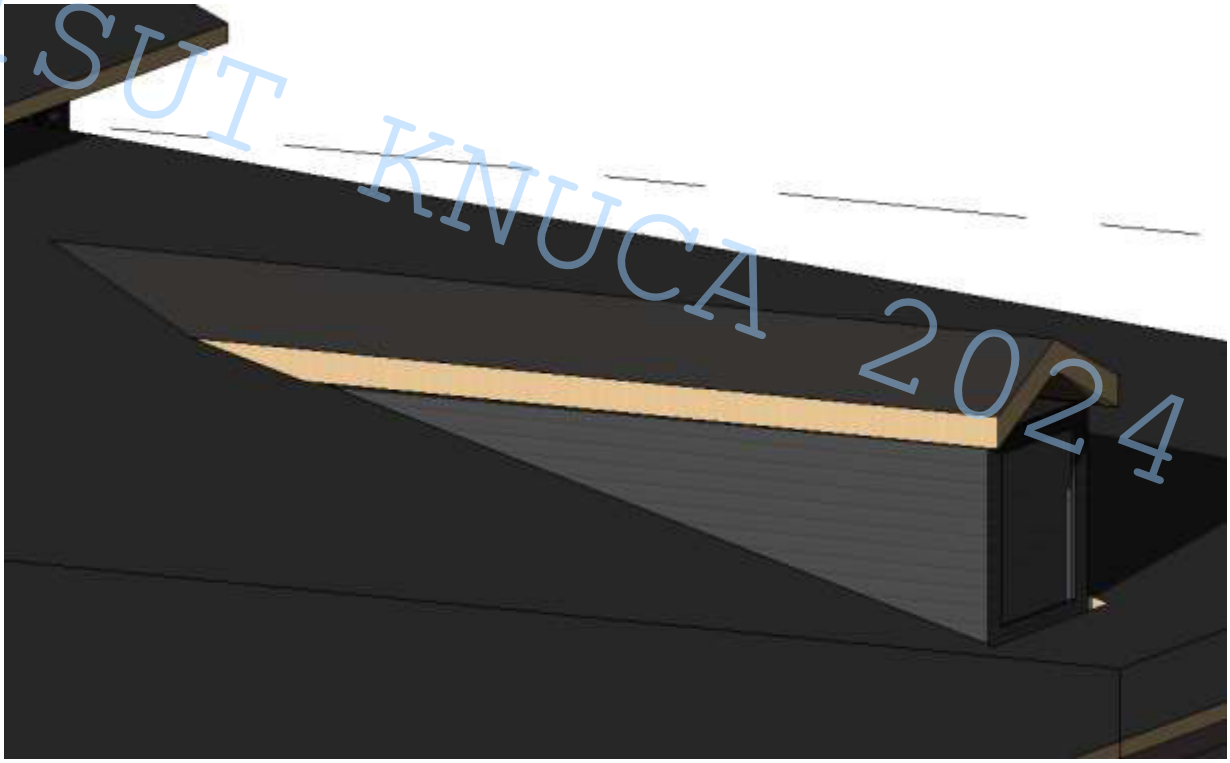


Рис.3.2.6. Створений проріз функцією «Шахта»

На виході з підвалу зроблено навіс за допомогою форми «Зсув», тобто створення 3D-тіла шляхом зсуву 2D-профілю (рис.3.2.7.)

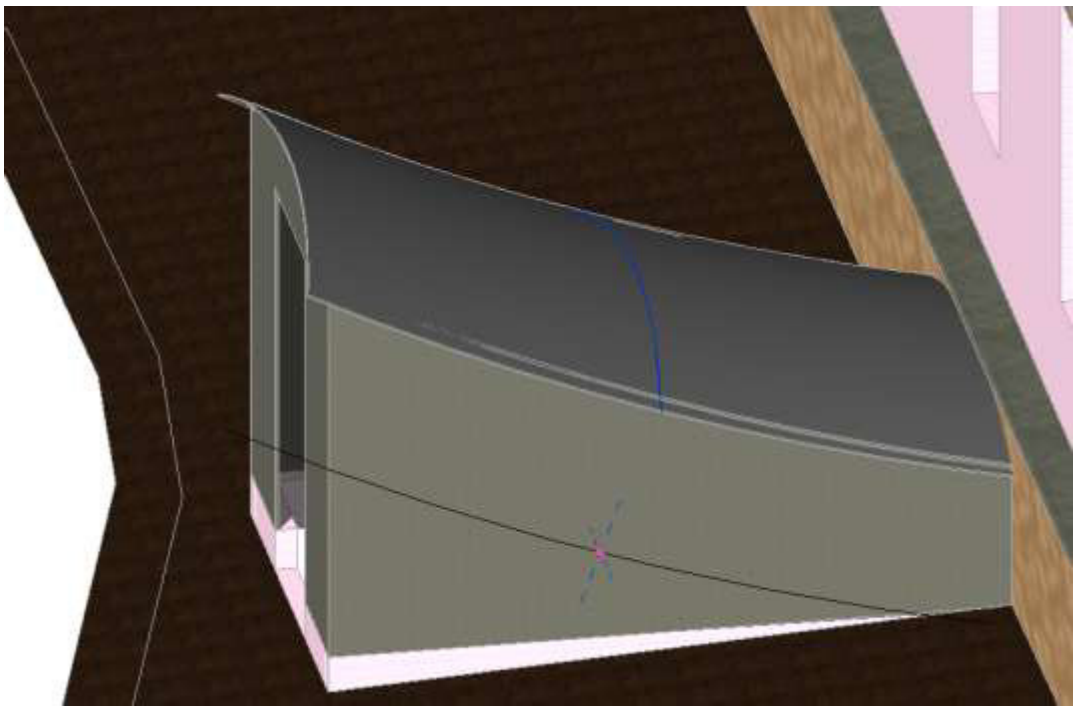


Рис.3.2.7. Навіс над виходом з підвалу

Крайнім є побудова маленького накриття підвального вікна.

Рис.3.2.8. Накриття підвального вікна

GISUT KNUCA 2024

Рис.3.2.9. Створені дахи споруди

3.3. Створення сімейств для побудови будівельних конструкцій

Наступним кроком було створення будівельних конструкцій на терасі.

Стіни на терасі створені в системному сімействі «Вітраж». Під кожен вітраж було створено свій тип. Також в категорії сімейства «Метрична система, профіль-Імпост» в сімействі «Імпости вітража» було створено різні види прямокутних імпостів з різного матеріалу та різних розмірів.

На терасі панелями вітражів є система панель: зі склінням і прямокутні алюмінієві імпости різних розмірів. Центральною частиною був вітраж-двері, де в сімействі «Системна панель» було створено тип «Двері» з матеріалом скла і товщиною 25 мм.

GISUT KNUCA 2024

Рис.3.3.1. Тераса з вітражами

На балконі також було створено огорожу за допомогою системного сімейства «Вітраж». У сімействі «Системна панель» було створено тип з матеріалом полікарбонатом, товщиною в 40 мм. У вітражі використовувалися дерев’яні прямокутні імпости різних розмірів.

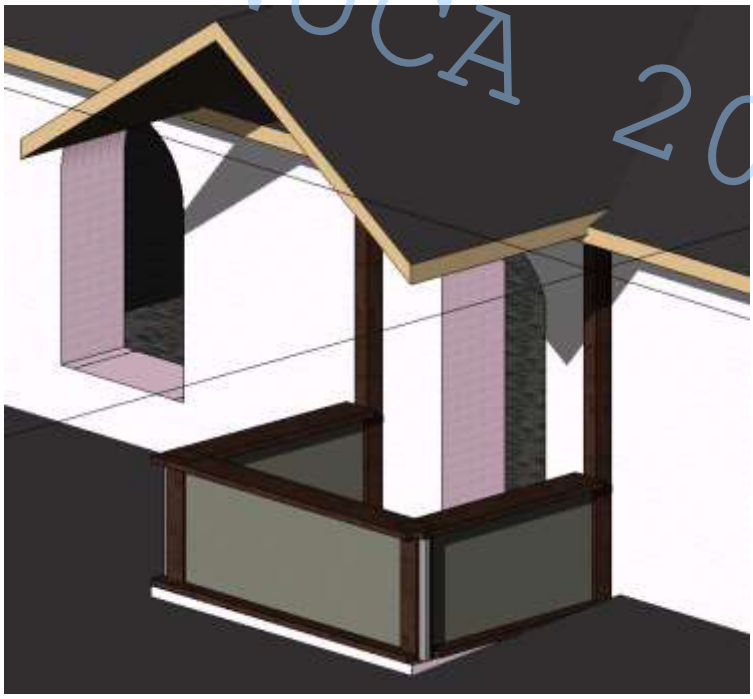


Рис.3.3.2. Балкон з огорожею

Під накриттям підвального вікна також створено безпанельні витражі з алюмінієвими прямокутними імпостами розміром 20х20 мм(рис.3.3.3)

GISUT KNUCA 2024

Рис.3.3.3. Безпанельний вітраж під накриттям

Наступною категорією були «Двері». Моделі дверей створювалися на основі категорії сімейства «Метрична система, двері». Було створено сімейство «Дверь-Подвійна-Щитова_Панель», в котрому зроблено тип двері для даху розміром 900х1000 мм з матеріалом панелі і підрізки - дерев'яна дошка. Також було створено інше сімейство «Дверь-Одинарна-Щитова_Панель-Двостороння», в котрому відтворено дверь з полікарбонату розміром 920х2290 мм, для виходу з підвалу.

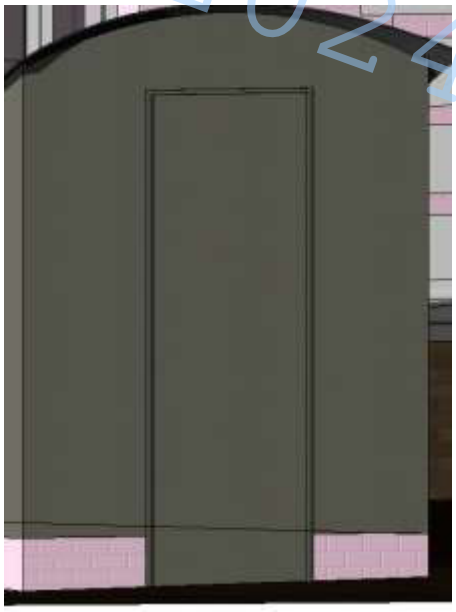
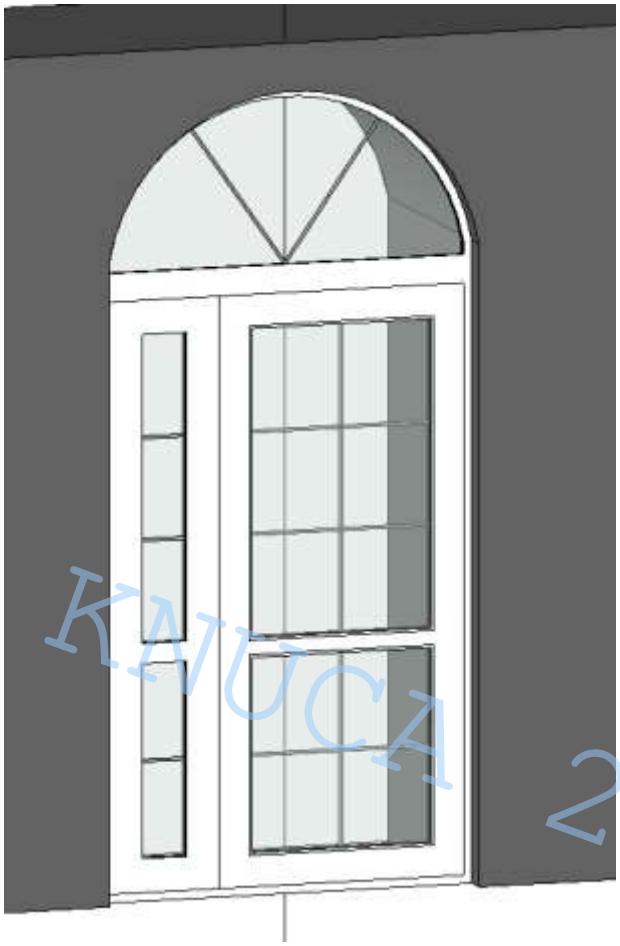


Рис.3.3.4. Двері на даху та на виході з підвалу

GISUT KNUCA 2024

Третіми дверима був центральний вхід в споруду. Скло даних дверей створене як елемент вичавлювання, а інші складові – за допомогою форми «Зсув». Вичавлюванням є створення 3D-тіла шляхом видавлювання 2D-фігури (профілю). Побудована 2D-фігура використовується як основа для 3D-фігури, утвореної шляхом видавлювання між початковою і кінцевою точками.



GISUT KNUCA 2024

Рис.3.3.5. Центральні вхідні двері

Вікна створювалися за категорією сімейства «Метрична система, вікно». Було зроблено декілька окремих сімейств з типами вікон: одинарні та подвійні вікна-фрамуги і аркові вікна-фрамуги, потрійне вікно.

За принципом вікна створювалися так само як і центральні вхідні двері. Підвіконня робилося з цегли за допомогою елементу зсуву.

Рис.3.3.6. Різні типи створених вікон

3.4. Додавання різних архітектурних елементів на фасади споруди

Унікальність архітектурному стилю надають такі елементи, як фантазійні деталі оформлення фасаду та даху, балкони, еркери, фронтони, вікна та їх обрамлення, форма отворів та багато іншого.

Наприклад, на терасі огорожа створена в системному сімействі «Вітраж» з дерев'яними прямокутними імпостами, втім панель огорожі виконано в окремому сімействі за допомогою елементу зсуву

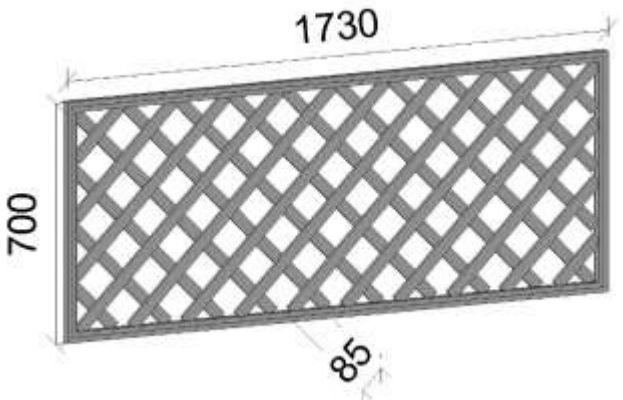


Рис.3.4.1. Огорожа тераси

В сімействі «Узагальнені моделі» створено сандрики різних типів за допомогою елементів вичавлювання та зсуву.

GISUT KNUCA 2024

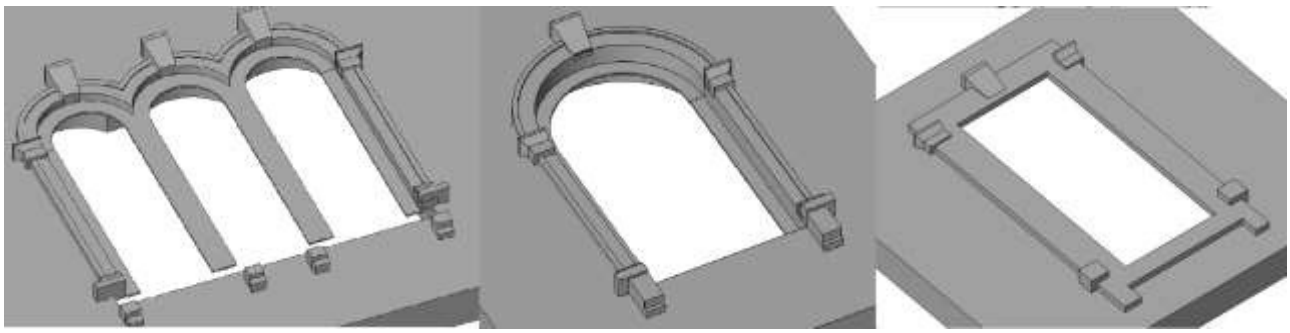
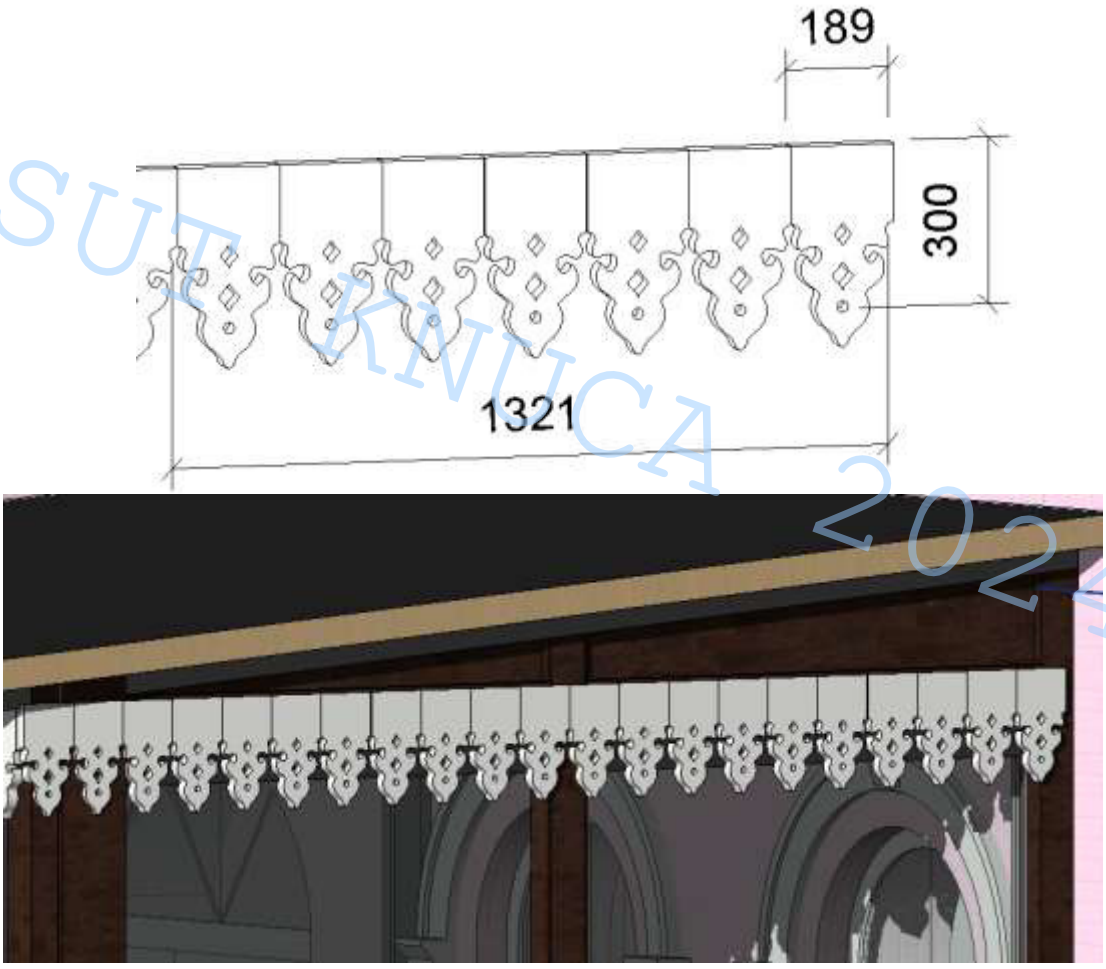


Рис.3.4.2. Сандрики різних типів

Будівля оздоблена пропильним дерев'яним декором. Декоративні елементи створювалися як одиночні сімейства, або як сімейства, що складаються з масиву різьблених деталей, що повторюються (рис.3.4.3.)



GISUT KNUCA 2024

Рис.3.4.3. Декоративний елемент масиву

Моделювання різьбового балкону відбувалося в категорії «Метрична система, антураж». Адже моделі цих об'єктів – більш складніші сімейства. В даному випадку використовувався елемент обертання.

Рис.3.4.4. Моделювання різьбового балкону

Складові як карнизи, міжповерхові пояси, лиштви, півколонки та багато іншого. Такі елементи було змодельовано як сімейства категорії «Типова модель на основі грані» з наступним накладенням на плоскі грані стіни (рис.3.4.5)

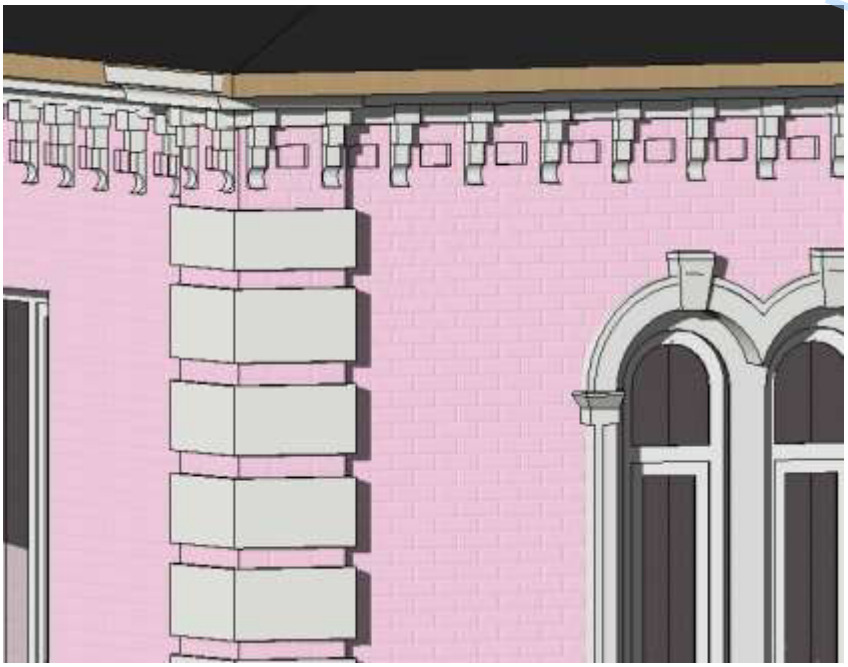


Рис.3.4.5. Моделювання на основі грані

GISUT KNUCA 2024

Як загальний результат, покажемо повністю створену 3D-модель споруди в ПЗ Autodesk Revit (рис.3.4.6)

GISUT KNUCA 2024

Рис.3.4.6. Відображення готової 3D-моделі споруди

РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ ОБМІРНИХ РОБІТ ТА КОШТОРИС

Оскільки під час виконання геодезичних обмірних робіт найбільша увага та час приділено НЛС, а саме лазерному сканеру фірми FARO, отже основні заходи безпеки спрямовані саме на це.

Загальні відомості про техніку безпеки:

- Не піддавайте пристрій впливу екстремальних температур.

Температура навколишнього середовища не повинна бути нижче або вище, ніж зазначено в технічних характеристиках.

- Не використовуйте лазерний сканер Focus3D поблизу джерел тепла, таких як радіатори, Обігрівачі або інші пристрої, що випромінюють тепло (включаючи підсилювачі).

- Переконайтеся, що в пристрій не потрапила вода всередину. Якщо рідина потрапляє в корпус пристрою, це може призвести до його пошкодження, пожежі або ураження електричним струмом.

- Не використовуйте Focus3d поблизу джерела сильного магнітного поля або електричного поля.

- Під час роботи на відкритому повітрі використовуйте акумулятор як джерело живлення та переконайтеся, що ваш пристрій захищений від дощу та бризок води. Сканер не можна використовувати у вологому середовищі, де може утворюватися конденсат.

- При переміщенні пристрою з холодного середовища в набагато більш теплу може утворитися конденсат на деяких елементах сканера. Щоб цього уникнути, при переміщенні сканера з холодного середовища в набагато тепліше рекомендується поміщати сканер в герметичний пластиковий пакет. Через це конденсат накопичується на поверхні упаковки, а не всередині сканера. Якщо сканер неможливо закрити та упакувати, зачекайте, поки конденсат повністю випарується зі сканера, перш ніж увімкнути Focus3d.

Електробезпека:

GISUT KNUCA 2024

- Не відкривайте корпус. Усередині корпусу знаходяться елементи, що знаходяться під небезпечним високою напругою.
- Будь-який предмет, що знаходиться поза отвором, може призвести до пожежі пристрою, ураження електричним струмом або поломки, оскільки ці предмети можуть стикнутися з точками небезпечної напруги або викликати коротке замикання.
- Переконайтеся, що характеристики перетворювача змінного струму відповідають напрузі існуючої мережі. Якщо ви не впевнені в напрузі вашої мережі, зверніться в місцеву службу електропостачання.
- Щоб уникнути ураження електричним струмом використовуйте джерело живлення тільки в сухих приміщеннях.

GISUT KNUCA 2024

Заходи безпеки при роботі з лазером:

Лазерний сканер FARO Focus3D генерує невидимий лазерний промінь з довжиною хвилі 905 нм. Середня потужність лазера максимум 20 мВт. Відхилення променя в стандартній комплектації становить 0,19 мілірадіана (0,011 °). Лазерний сканер FARO Focus3D відповідає стандарту IEC60825-1: 2007 (редакція 2.0) і класифікується як лазерна система класу 3R. Лазерний сканер Faro Focus3D відноситься до лазерної системи класу 3R. відповідно до стандарту, прямий контакт внутрішнього променя лазерної системи класу 3R з оком може погіршити зір у разі перевищення встановленої межі експозиції. Отже, у цьому продукті використовується лазерна система, тому:

- Не намагайтеся відкрити корпус, щоб уникнути прямого впливу лазерного променя.

- Якщо ви працюєте на менш безпечній відстані від очей (NOHD), рекомендується не дивитися на лазер. Уникайте прямого впливу на очі, не дивіться прямо на промінь і не направляйте промінь на інших.

- Не дивіться прямо на лазерний промінь через оптичний пристрої.

- Не ставте дзеркала або предмети з відбивною поверхнею на шляху променя. Ці заходи безпеки також застосовуються до відбитого лазерного світла.

- Тільки навчений персонал може використовувати лазерний сканер..

- Персонал, який працює на відстані, меншій за безпечну (NODD), повинен використовувати захисні окуляри для безпечної роботи з лазером.

- Не дозволяйте людям без захисного скла використовувати лазер в зоні NOHA (тобто використовуйте захисну огорожу).

- Зона NOHA повинна бути обладнана відповідними знаками, які попереджають про використання лазерів і належним чином обгороджена.

- Компанії, що використовують лазерну систему класу 3R, повинні призначити окремого спеціаліста з безпеки при використанні лазера.

Для створення опорної геодезичної мережі використовувався електронний тахеометр компанії Leica Geosystems. Розглянемо заходи безпеки при роботі з таким приладом.

Прийнятне використання:

- Горизонтальних і вертикальних кутів вимірювання
- Вимірювати відстані;
- Зберігати результати;
- Візуалізувати напрямки візування і положення осі обертання тахеометра;
- Обмінюватися даними з зовнішніми пристроями;
- Процес розрахунку з використанням програмного забезпечення.

Заборонені дії:

- Працювати з приладом, без інструктажу з техніки безпеки .
- Працювати за межами допустимих меж використання, встановлених для пристрою.
- Відключати систему безпеки.

GISUT KNUCA 2024

- Видаляти таблички з інформацією про можливі небезпеки.

- Розкривати корпус пристрою, зловживання відповідними транспортними засобами.

- Вносити зміни в конструкції або модифікації пристрою.

- Використовувати незаконно придбане обладнання;

- Використовувати явно пошкоджене обладнання;

- Навмисне наведення пристрою на людину.

- Моніторинг машин та інших рухомих об'єктів без належної безпеки на будівельному майданчику.

- Наведення на сонце.

- Недостатня безпека на будівельному майданчику (наприклад, на будівельних майданчиках, дорогах тощо).

Операційний ризик:

- Щоб уникнути короткого замикання не рекомендується використовувати віхи поруч з силовим кабелем або залізницею.

  Профілактичні заходи:

  Тримайте його на безпечній відстані від електромережі. Якщо вам необхідно працювати в такій ситуації, зверніться до особи, відповідальної за охорону праці в такому місці, і строго дотримуйтесь його інструкцій.

- Якщо приймач використовується з використанням різних віх, рейок. Крім того, збільшується ризик пошкодження блискавкою.

  Профілактичні заходи:

  Намагайтеся не працювати під час грози

- Не направляйте трубу на сонце, оскільки вона діє як збільшувальне скло і може пошкодити очі та прилад.

  Профілактичні заходи:

  Не направляйте трубу на сонце.

GISUT KNUCA 2024

- Під час зйомок і робіт на місці існує ризик нещасних випадків, якщо ви не приділяєте достатньої уваги умовам навколишнього середовища (перешкоди, земляні роботи, транспорт).

  Профілактичні заходи:

  Відповідальна особа зобов'язана попередити користувача про всі можливі ризики

- Погані заходи безпеки на робочих місцях можуть призвести до небезпечних умов, таких як інтенсивний рух транспорту, будівельні майданчики та промислові об'єкти.

  Профілактичні заходи:

  Завжди стежте за тим, щоб робоче місце було безпечним для роботи.

- Механічні пошкодження, високі температури і занурення в рідини можуть привести до пошкодження батареї і мимовільного вибуху.

  Профілактичні заходи:

  Захистіть акумулятор від ударів і високої температури. Не кидайте і не занурюйте в рідину.

- Не рекомендується носити акумулятор, наприклад, в кишені одягу, оскільки коротке замикання може статися, коли контакти акумулятора стикаються з металевим предметом.

  Профілактичні заходи:

  Переконайтеся, що акумуляторна батарея не замикається через контакт з металевими предметами.

GISUT KNUCA 2024

Кошторис на вишукувальні роботи

Ч.ч.	Характеристика об'єкта будівництва або виду робіт	Назва документа обгрунтування та № частин, глав, таблиць, пунктів	Розрахунок вартості	Вартість, грн.
1	2	3	4	5
	Польові роботи			

2	(Польові роботи) Виготовлення і закладення центрів. Встановлення:наземного робочого пункту на ділянці з твердим покриттям поверхні землі. Нівелірна марка,дюбель – цвях. Глибина закладання,м до 0,15 (Категорія складності III) *Розрахунковий показник 7[1 центр]*	Табл.12,п.11.Категорія III k=0.85 - При проведенні польових вишукувань без виплати польового постачання до цін на ці вишукування повинний застосовуватися коефіцієнт k=1.5 - Додаток 7 до Настанови, табл.2	4,2 * 7,0 * 0,85 * 1,5	37,49
3	(Польові роботи) Рекогносцировка,вимір кутів і ліній полігонометрії. Полігонометрія 2 розряди (Категорія складності I) *Розрахунковий показник 0.2[1 км]*	Табл.18,п.3.Категорія I k=0.85 - При проведенні польових вишукувань без виплати польового постачання до цін на ці вишукування повинний застосовуватися коефіцієнт k=1.21 - Додаток 7 до Настанови, табл.1	25,0 * 0,2 * 0,85 * 1,21	5,14
4	(Польові роботи) Нівелювання III класу (Категорія складності I) *Розрахунковий показник 0.2[1 км подвійного ходу]*	Табл.25,п.2.Категорія I k=0.85 - При проведенні польових вишукувань без виплати польового постачання до цін на ці вишукування повинний застосовуватися коефіцієнт k=1.21 - Додаток 7 до Настанови, табл.1	22,0 * 0,2 * 0,85 * 1,21	4,53
5	(Польові роботи) Нівелювання підземних і надземних споруджень. Зйомка споруд надземних (Категорія складності I) *Розрахунковий показник 975[1 колодязь, шурф, випуск, уведення, опора, уз]*	Табл.66,п.2.Категорія I k=0.85 - При проведенні польових вишукувань без виплати польового постачання до цін на ці вишукування повинний застосовуватися коефіцієнт k=1.21 - Додаток 7 до Настанови, табл.1	0,6 * 975,0 * 0,85 * 1,21	601,67
6	(Польові роботи) Нівелювання підземних і надземних споруджень. Нівелювання споруд надземних (Категорія складності I) *Розрахунковий показник 975[1 колодязь, шурф, випуск, уведення, опора, уз]*	Табл.66,п.4.Категорія I k=0.85 - При проведенні польових вишукувань без виплати польового постачання до цін на ці вишукування повинний застосовуватися коефіцієнт k=1.21 - Додаток 7 до Настанови, табл.1	0,6 * 975,0 * 0,85 * 1,21	601,67
	Камеральні роботи			
8	(Камеральні роботи) Складання програми	Табл.86,п.1.Категорія I k=1.21 - Додаток 7 до Настанови,	100,0 * 1,0 * 1,21	121,00

ГІДОН Київ 2024

	(проєкту виробництва) інженерно-геодезичних і гідрографічних вишукувань,технічного звіту.Вартість вишукувань,до 2 тис. крб.Ціна програми (проєкту виконання) вишукувань *Розрахунковий показник 1[1 програма]*	табл.1		
9	(Камеральні роботи) Складання програми (проєкту виробництва) інженерно-геодезичних і гідрографічних вишукувань,технічного звіту.Вартість вишукувань,до 2 тис. крб.Ціна технічного звіту *Розрахунковий показник 1[1 звіт]*	Табл.86,п.1.Категорія II k=1.21 - Додаток 7 до Настанови, табл.1	150,0 * 1,0 * 1,21	181,50
10	(Камеральні роботи) Рекогносцировка,вимір кутів і ліній полігонометрії. Полігонометрія 2 розряди (Категорія складності I) *Розрахунковий показник 0.2[1 км]*	Табл.18,п.3.Категорія I k=1.21 - Додаток 7 до Настанови, табл.1	3,9 * 0,2 * 1,21	0,94
11	(Камеральні роботи) Нівелювання III класу (Категорія складності I) *Розрахунковий показник 0.2[1 км подвійного ходу]*	Табл.25,п.2.Категорія I k=1.21 - Додаток 7 до Настанови, табл.1	4,3 * 0,2 * 1,21	1,04
	Витрати на внутрішній транспорт	k=1.25 - До витрат по внутрішньому транспорту,визначеним по табл.4	(1250,5 * 0,09) * 1,25	140,68
	Витрати на організацію і ліквідацію	k=0.7 - При виконанні вишукувань на відстані до 25 км від постійного місцезнаходження дослідницької (проєктно-дослідницької) організації до розмірів витрат по організації і ліквідації вишукувань,визначеним по табл.6 з урахуванням примітки 1	[1391,18 * 0,033 + 1391,18 * 0,027] * 0,7	58,43
	Витрати по метрологічному забезпеченню єдності і точності засобів вимірів і додаткових амортизаційних відрахувань по виробничому устаткуванню і транспорту пункт 14 вказівок до застосування:	k=0,05		

GISOK KMOCA 2024

	- польові інженерно-геодезичні		1391,18*0,05	69,56
	- камеральні інженерно-геодезичні		304,48*0,05	15,22
	Всього польові роботи + *транспорт та організація і ліквідація + метрологія:*			
	- інженерно-геодезичні роботи	п.п.2+3+4+5+6	(37,49 + 5,14 + 4,53 + 601,67 + 601,67) + 69,56	1320,06
		k=1.32 Коефіцієнт до підсумку кошторисної вартості вишукувань, визначеної за цінами відповідних глав і таблиць Збірника цін	((37,49 + 5,14 + 4,53 + 601,67 + 601,67) + 69,56) * 1,32	1742,48
		i=39.66 Додаток 7 до Настанови, табл.3, п.4 (інженерно-геодезичні роботи)	(1742,48+199,11) * 39,66	77003,46
	Всього камеральні роботи + *метрологія:*			
	- інженерно-геодезичні роботи	п.п.8+9+10+11	(121,00 + 181,50 + 0,94 + 1,04)+15.22	319,70
		k=1.32 Коефіцієнт до підсумку кошторисної вартості вишукувань, визначеної за цінами відповідних глав і таблиць Збірника цін	((121,00 + 181,50 + 0,94 + 1,04)+15,22) * 1,32	422,00
		i=39.66 Додаток 7 до Настанови, табл.3, п.4 (інженерно-геодезичні роботи)	422,0 * 39,66	16736,52
	Разом, грн.			93739,98
	Разом по кошторису, грн.			93739,98
	ПДВ (20,00%)			18748,00
	Всього, грн.			112487,98

Всього за кошторисом

Дев`яносто три тисячі сімсот тридцять дев`ять гривень 98 копійок

ПДВ *20,00% - Вісімнадцять тисяч сімсот сорок вісім гривень 00 копійок*

Всього *Сто дванадцять тисяч чотириста вісімдесят сім гривень 98 копійок*

GISOT KNUCA 2024

ВИСНОВОК

В даній дипломній роботі продемонстровано наявний спектр геодезичних робіт, які в кінцевому результаті призвели до створення BIM-моделі об’єкту.

Можна підкреслити, що такий метод виконання обмірних робіт, як наземне лазерне сканування показало себе найбільш доречним для робіт з об’єктами архітектури. Таким чином досягається високий рівень точності та відповідності, одночасно з економією фінансів та часу.

Процес створення підґрунтя у вигляді опорних геодезичних мереж, прорахунку різновидних точностей для виконання такого виду робіт, таким способом є класичним та загальновідомим для геодезії. І як відомо з роботи, всі вимоги згідно нормативно-правових документів щодо необхідних точностей виконання геодезичних вимірювань були дотримані.

Робота з НЛС та обробка результатів вимірювань являє собою доволі зрозумілий та гарно вивчений алгоритм дій, який допомагає досягнути максимальної наочності, інформативності, якості та, як наслідок, результативності.

Продукт сканування – «хмара точок», яка дозволяє зберігати дані про об’єкт у цифровому вигляді для подальших різноманітних задач. Як і в даній дипломній роботі, на її основі було створено BIM-модель архітектурної споруди. Інформаційна модель споруди, тобто тривимірна віртуальна модель будівлі в цифровому вигляді відтворює і зберігає всі елементи, форми, розміри, матеріали, компоненти тощо. Що в своє чергу на майбутнє може забезпечити різні види робіт, такі як: реставрація, реконструкція, реновація та ревіталізація.

GISUI KNUCA 2024

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. N.M. LEVCHENKO, P.S. BEINER, N.V. BEINER (2022). RECONSTRUCTION OF BUILDINGS USING BIM TECHNOLOGIES DURING CITY RENEWAL IN UKRAINE - https://doi.org/10.30838/J.PMHTM.2413.271222.64.912
2. «Наземне лазерне сканування» - https://ru.wikipedia.org/wiki/Наземное_лазерное_сканирование
3. Wassim Moussa(2010). Digital Preservation of the Hirsau Abbey by Means of Static LiDAR & HD Close-Range Photogrammetry
4. Tomislav Medic, Christoph Holst and Heiner Kuhlmann(2017). Towards System Calibration of Panoramic LaserScanners from a Single Station - https://doi.org/10.3390/s17051145
5. Stanþiü, B., Roiü, M., Maÿer, M. and Vidoviü, A.(2014). Building Information Management based on Total Station Measurements and Laser Scanning
6. "Дослідження точності хмари точок методом наземного лазерного сканування" / Володимир Глотов, Х. Марусаж // Випуск 90, 2019, Номер 90: 41-49 - https://doi.org/10.23939/istcgcap2019.90.041
7. ДБН В.1.3-2:2010 Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві. Зі Зміною № 1
8. ДБН А.2.1-1:2014 "Інженерні вишукування для будівництва"
9. «Дача з мезоніном» - https://uk.wikipedia.org/wiki/Берестейський_проспект,_130
10. «What is LOD, LOI, LOG, LOIN?» - https://buildext.com/en/what-is-lod-loi-log-loin/
11. ОСНОВНІ ЗАСАДИ BIM ПРОЕКТУВАННЯ ПРИ РОЗРОБЦІ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ В AUTODESK REVIT / Андрухов В.М,, Матвійчук В.В. / УДК 004.9:624.04(045) - https://doi.org/10.31649/2311-1429-2020-1-18-26

GISUT KNUCA 2024

12. «Інженерна геодезія» : навч. посіб. [Електронне видання] / Бачишин Б.Д. – Рівне : НУВГП, 2020. – 196 с. ISBN 978-966-327-480-5
13. «Інженерна геодезія»: Монографія / П.І. Баран. - К.: ПАТ "ВІПОЛ", 2012. - 618 с. ISBN 978-966-646-125-7
14. «РУКОВОДСТВО ПО СОЗДАНИЮ СЕМЕЙСТВ Autodesk Revit» - https://forums.autodesk.com/autodesk/
15. «FARO Laser Scanner Focus3D Users Manual» - https://www.faro.com/en/Support-Overview/Technical-Documentation
16. «Leica FlexLine plus User Manual» - https://leica-geosystems.com

GISUT KNUCA 2024