

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Київський національний університет будівництва і архітектури

ТЕХНОЛОГІЇ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ

Методичні вказівки
до виконання практичних робіт
для здобувачів другого (магістерського)
рівня вищої освіти спеціальності
193 «Геодезія та землеустрій»

Київ 2024

УДК 528.9

T38

Укладачі: О. В. Адаменко, канд. техн. наук, доцент;
Р. А. Дем'яненко, канд. техн. наук, доцент;
О. П. Ісаєв, канд. техн. наук, доцент;
Ю. Ф. Гуляєв, доцент;
А. І. Боденко, інженер 1 категорії

Рецензент А. О. Анненков, д-р техн. наук, професор

*Затверджено на засіданні кафедри інженерної геодезії,
протокол № 6 від 5 листопада 2024 року.*

Видається в авторській редакції.

Технології лазерного сканування: методичні вказівки до виконання
T38 практичних робіт / уклад. : О. В. Адаменко та ін. – Київ : КНУБА,
2024. – 28 с.

Містить перелік практичних робіт із дисципліни, а також
методичні рекомендації до їх виконання.

Призначено для здобувачів другого (магістерського) рівня
вищої освіти спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій».

© КНУБА, 2024

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Мета практичних робіт – поглиблення та закріплення знань, одержаних в процесі вивчення теоретичного курсу «Технології лазерного сканування», набуття навичок проведення вимірювань наземним лазерним сканером, оброблення результатів таких вимірювань та отримання в кінцевому результаті «хмари точок» об'єкта сканування.

Обсяг і зміст практичних робіт повністю відповідають програмі курсу «Технології лазерного сканування», який вивчається на другому (магістерському) рівні вищої освіти за спеціальністю 193 «Геодезія та землевпорядкування», ОПП Геодезія.

Практичні роботи здобувачі виконують у складі бригад у приміщеннях кафедри та на вулиці, за сприятливої погоди. По закінченню виконання практичних робіт, кожен студент складає індивідуальний звіт із схемами та ілюстраціями процесів виконання та захищає результати роботи.

ЗМІСТ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Практична робота №1. Підготовка та проведення вимірювань наземним лазерним сканером Trimble TX6

1. Підготовка до вимірювань наземного лазерного сканера Trimble TX6.
2. Налаштування наземного лазерного сканера Trimble TX6.
3. Проведення вимірювань за допомогою наземного лазерного сканера.

Практична робота №2. Оброблення вимірювань сканування наземним лазерним сканером у програмному забезпеченні Trimble Real Works

1. Імпорт результатів вимірювань наземним лазерним сканером у програмне забезпечення Trimble Real Works.
2. Зшивання сканів в програмному забезпеченні Trimble Real Works.
3. Створення системи координат проєкту.
4. Редагування та експорт «хмари точок» об'єкту вимірювань.

Практична робота №1. Підготовка та проведення вимірювань наземним лазерним сканером Trimble TX6

Завдання та методичні вказівки

1. Привести основні технічні характеристики наземного лазерного сканера Trimble TX6.

2. Виконати підготовку наземного лазерного сканера (далі – НЛС) Trimble TX6 до вимірювань.

Наземний лазерний сканер Trimble TX6 (рис. 1) – це сучасний високотехнологічний геодезичний інструмент, який до того ж має високий ступень захисту від пилу та вологості, на рівня IP54. Для забезпечення такого рівня захисту, все електроні та електричні компоненти приладу, а також акумуляторні батареї, поміщені у спеціальні герметичні відсіки.

З метою забезпечення вищої мобільності та зручності вимірювань, останні під час сканування заносяться на спеціальний з'ємний носій, що має вигляд флеш накопичувача. Підключення електронного носія до НЛС Trimble TX6 також відбувається у захищеному герметичному відсіку.

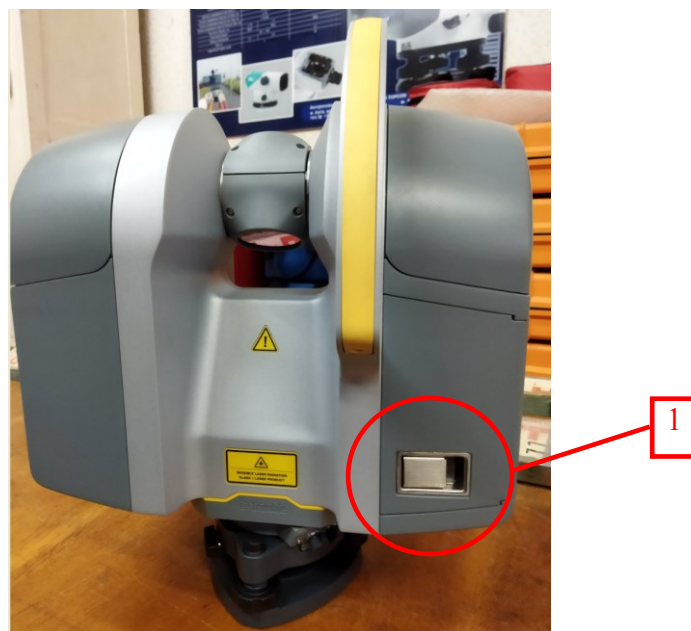


Рис. 1. Наземний лазерний сканер Trimble TX6

З метою забезпечення довготривалого використання акумуляторних батарей, електронних носіїв пам'яті та роз'ємів для їх підключення, зберігання та перенесення НЛС Trimble TX6 та вище зазначених його частин рекомендовано виконувати окремо. Таким чином, до початку

вимірювань, необхідно під'єднати до НЛС Trimble TX6 носій пам'яті та вставити акумуляторну батарею. Для цього необхідно відкрити герметичний відсік на корпусі НЛС 1 (див. рис. 1).

У відкритому відсіку встановити акумуляторну батарею на місце 1 а електронний носій пам'яті на місце 2, як це показано на рис. 2 та закриваємо герметичний відсік.

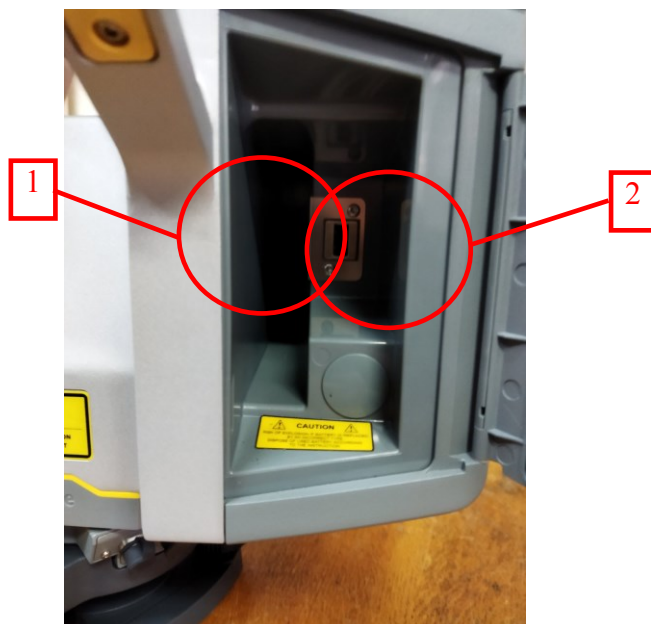


Рис. 2. Місця встановлення акумуляторної батареї та носія пам'яті у НЛС Trimble TX6

Тепер НЛС Trimble TX6 необхідно встановити на геодезичний штатив на місці першої станції біля майбутнього об'єкту сканування та запустити НЛС, натиснувши та потримавши протягом 2 секунд кнопку 1 (рис. 3).

Після запуску приладу перед користувачем з'являється головне меню НЛС Trimble TX6. На екрані зображено:

- 2 – інформаційне повідомлення;
- 3 – індикатор стану пам'яті електронного носія;
- 4 – індикатор стану акумуляторної батареї;
- 5 – індикатор налаштування експозиції під час сканування;
- 6 – кнопка запуску сканування при поточних налаштуваннях НЛС;
- 7 – інформаційне меню поточних налаштувань сканування НЛС;
- 8 – кнопка доступу до проєктів сканування;
- 9 – кнопка доступу до електронного рівня НЛС;
- 10 – кнопка доступу до налаштувань параметрів сканування;
- 11 – кнопка доступу до налаштувань НЛС.

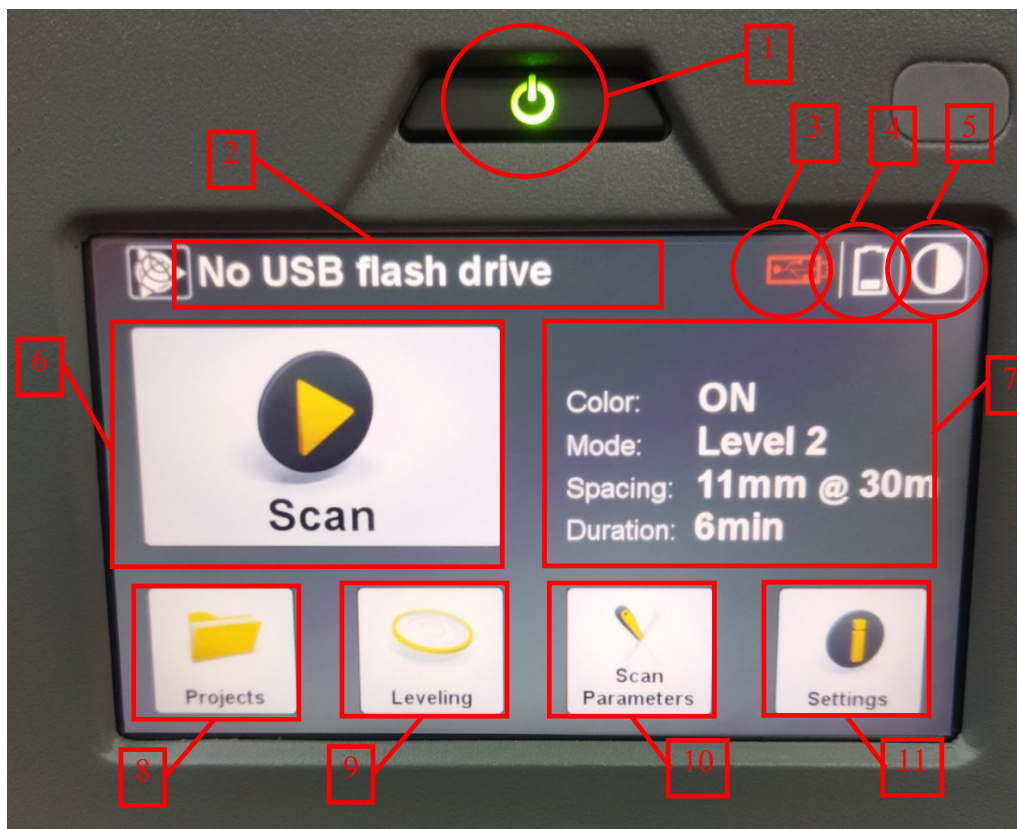


Рис. 3. Головний екран НЛС Trimble TX6

У нормальних умовах поле 2 інформаційного повідомлення порожнє або показує пункт меню НЛС. У випадку неможливості виконання лазерного сканування у полі 2 буде вказано причину. На рис. 3 показано приклад повідомлення у випадку відсутності підключення електронного носія пам'яті до НЛС. Про наявність проблем також свідчить індикатор стану пам'яті електронного носія, який горить червоним кольором. У загальному випадку на його місці має бути показано можлива кількість сканувань, які може провести НЛС за поточних налаштувань сканування та вільного місця електронного носія (рис. 4).

У налаштуваннях приладу (11) налаштовується поточна дата та одиниці вимірювань, можливо отримати інформацію щодо об'єму вільного місця на електронному носію пам'яті, версії програмного забезпечення НЛС та інше.

До початку вимірювань НЛС Trimble TX6 необхідно відгоризонтувати прилад (9), створити проєкт вимірювань (8) та задати параметри сканування (10).



Рис. 4. Налаштування НЛС Trimble TX6

Після натискання кнопки 9, користувач потрапляє у меню електронного рівня НЛС (рис. 5) У зазначеному меню можливо включити/виключити компенсатор нахилу НЛС (2) та включити/виключити автоматичну перевірку рівня до початку сканування (3). Натиснувши кнопку 1, можна перейти у головне меню приладу.

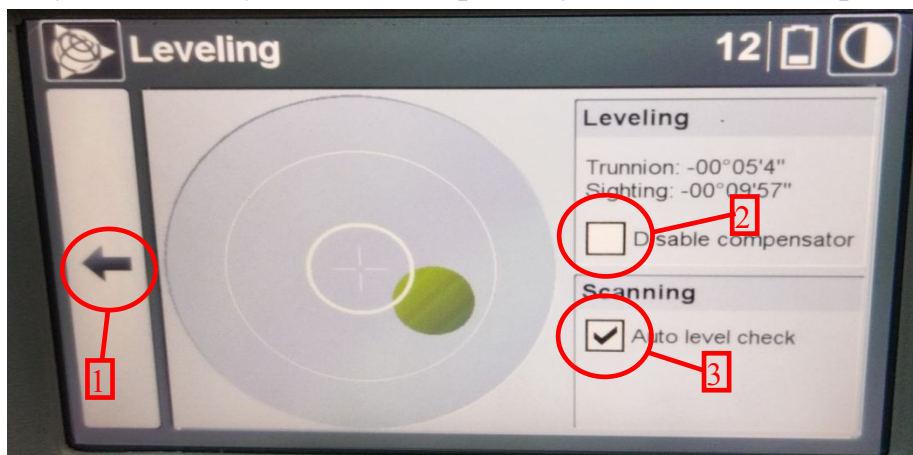


Рис. 5. Меню електронного рівня

До початку сканування необхідно встановити конфігурацію НЛС, показану на рис. 5 та виставити електронний рівень приладу за допомогою підйомних гвинтів. Встановлення електронного рівня необхідно виконувати перед кожною станцією сканування.

Натиснувши кнопку 8 у головному меню, користувач потрапляє до меню проєктів НЛС (рис. 6).

У зазначеному меню показано назву поточного проєкту 1, та існуючі проєкти 2. Для того щоби подивитись існуючий проєкт, необхідно натиснути на нього на головному вікні меню проєктів 2. Крім того, користувач може додати проєкт 3, перейти вгору по меню проєктів

приладу 4, зробити опис проєкту вимірювань 5 та видалити проєкт або окремі станції сканування проєкту 6.

До початку сканування (до першої станції сканування) необхідно створити новий проєкт або вибрати існуючий, якщо виконуються нові сканування у вже існуючому проєкті. У процесі сканування, якщо не змінюється об'єкт сканування, потреби у виборі проєкту немає, НЛС записує всі нові скани у раніше вибраній, поточний проєкт.

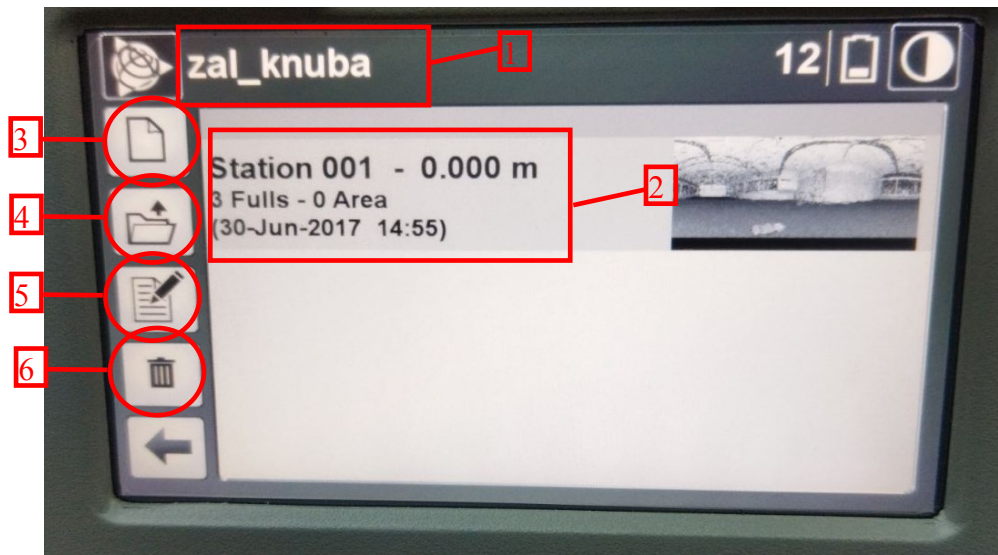


Рис. 6. Меню проєктів НЛС Trimble TX6

Натиснувши кнопку 10 у головному меню, користувач потрапляє до меню налаштування параметрів сканування НЛС (рис. 7, 8).

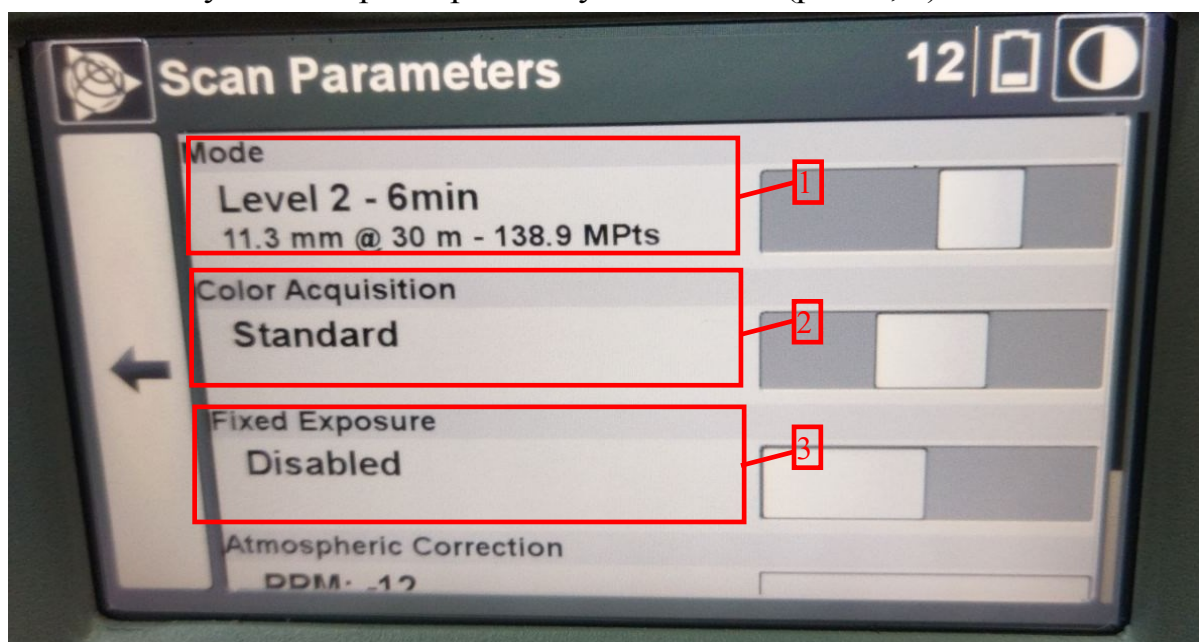


Рис. 7. Налаштування параметрів сканування

В меню налаштування параметрів сканування користувач задає щільність сканування 1 (рис. 7), параметри колоризації сканів 2 (рис. 7), експозицію під час фотографування 3 (рис. 7), параметри навколишнього середовища 4 (рис. 8) та час автозапуску сканування 5 (рис. 8).

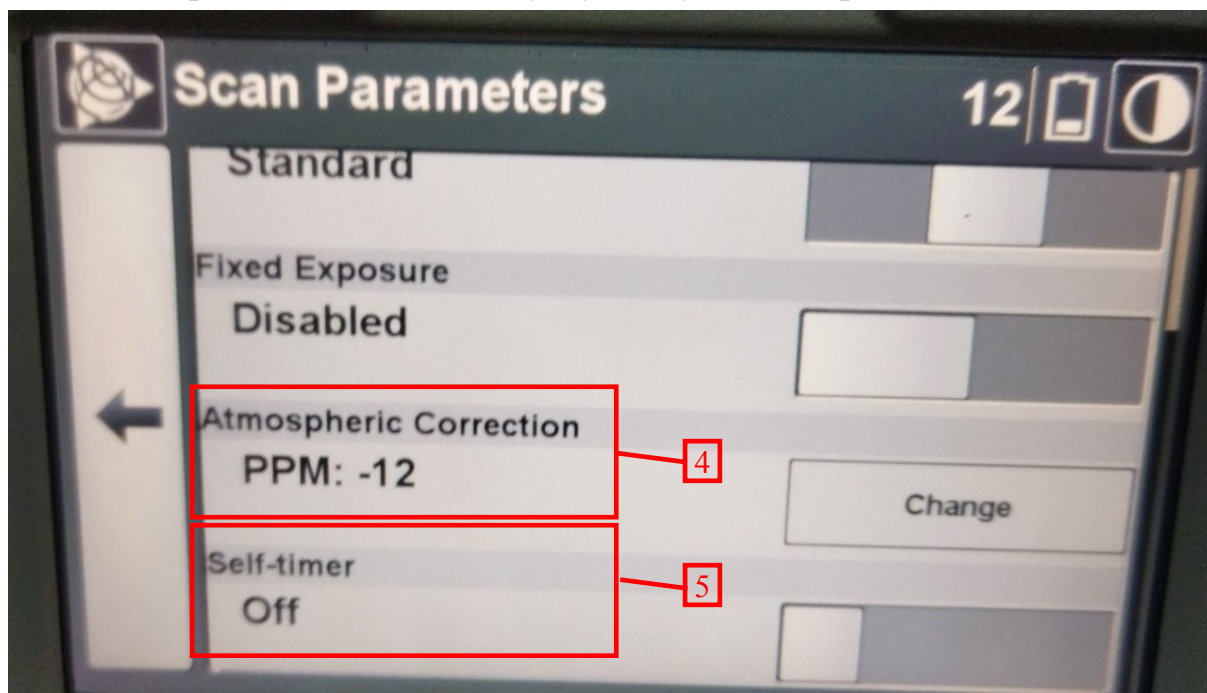


Рис. 8. Продовження меню налаштування параметрів сканування

Щільність сканування є найбільш важливим параметром проведення вимірювань. Цим параметром, а саме положення повзунка у правій частині екрану, задається відстань між сусідніми точками на зазначений у налаштуваннях відстані на та орієнтовна кількість вимірних точок. У прикладі, наведеному на рис. 6, вибрана щільність сканування складає 11 мм на відстані 30 м від НЛС, або 3 мм на відстані 10 м від НЛС. В такому випадку буде виконане вимірювання 139 мільйонів точок за одне сканування. Щільність сканування залежить від необхідної точності і щільності результуючої хмари точок, відстані від НЛС до об'єкту сканування, зовнішніх умов, тощо та визначається з урахуванням досвіду виконання попередніх робіт. Під час виконання лабораторних робіт, щільність сканування встановлюється викладачем.

Під час вибору колоризації сканів, користувач має можливість вибору трьох параметрів – без колоризації, стандартна колоризація та висока колоризація. У випадку вибору сканування без кольору, отримана хмара точок буде у відтінках сірого кольору, в якій яскравість кожної точки залежить від інтенсивності відбитого сигналу.

Врахування параметрів зовнішніх умов 4 (рис. 8) дає змогу підвищити точність вимірювань відстаней під час виконання сканування. Визначення та занесення параметрів атмосфери виконується за процедурою, аналогічною до подібних процедур електронних тахеометрів.

Параметр час автозапуску НЛС дає змогу налаштувати часовий проміжок після якого прилад починає сканування після натискання кнопки початку роботи 6 (див. рис. 3).

Після налаштування параметрів сканування, НЛС готовий до виконання вимірювань.

3. Виконати вимірювання об'єкта сканування, заданого викладачем, за допомогою НЛС Trimble TX6.

До початку виконання наземного лазерного сканування необхідно вирішити яким чином буде в майбутньому відбуватись зшивання сканів у одну хмару точок. З цією метою, на об'єкті вимірювань може бути створена опорна геодезична мережа.

Опорна геодезична мережа як окремий вид робіт при лазерному скануванні виконується у таких випадках:

- за необхідності перерахунку результатів вимірювань у державну або іншу системи координат;
- під час виконання вимірювань на великому або складному об'єкті вимірювань;
- під час поєднання різних методів вимірювань, наприклад метод наземного лазерного сканування та цифрової фотограмметрії.

У геодезичній практиці, опорні геодезичні мережі прийнято закріплювати спеціальними ґрунтовими та стінними пунктами, в останній час ще і за допомогою плівкових відбивачів. Однак, безпосереднє використання таких пунктів у лазерному скануванні ускладнене, оскільки більшість моделей НЛС не мають центриру, а плівкові відбивачі «засвічуються» на сканах. Проблема вирішується через включення до опорної геодезичної мережі спеціалізованих марок, комплектних до НЛС. Координати цих марок визначаються електронним тахеометром в режимі вимірювань «без відбивача». Опорна геодезична мережа в такому випадку створюється за допомогою електронного тахеометра та маю конфігурацію лінійно-кутової мережі, ходу полігонометрії, тощо.

Як відомо, створення опорної геодезичної мережі може відбуватись як до початку проведення вимірювань, так і під час їх безпосереднього виконання. Другий варіант зазвичай використовують у

випадку виконання робіт які не вимагають високої точності вимірювань, наприклад топографічні роботи.

Скануючи великі або складні об'єкти, попереднє створення опорної геодезичної мережі дає змогу розділити об'єкт сканування на декілька зон, кожна з яких сканується та оброблюється окремо. Створені в одній системі координат «хмари точок» різних ділянок можуть бути завантажені окремими файлами у один проєкт та об'єднані там без вирівнювання.

Основні принципи розташування опорних цілей під час сканування:

- встановлення цілі у стійкі місця та місця тривалого зберігання;
- встановлення опорної цілі на відстані не більше ніж 20-25 м від сканера;
- встановлення не менше трьох цілей між сусідніми сканами;
- використання спільних цілей для більшої ніж дві кількості станцій сканування;

Оскільки НЛС на відміну від приладів класичної геодезії (теодолітів, електронних тахеометрів) не виконує безпосереднє вимірювання кутів на ціль, то збільшення відстані до цілі не приводить до збільшення точності наведення. Лазерний сканер виконує сканування цілі із певним кроком. Внаслідок збільшення відстані до цілі, збільшуються відстані між сусідніми точками сканування і, як наслідок, зменшується кількість точок на цілі. Це призводить до зниження точності визначення координат цілі. Найвищу точність визначення координат опорних цілей (сфер, шахових марок) НЛС має при відстанях до опорних цілей від 2 м до 10 м.

У разі відсутності спеціалізованих цілей, можливе зшивання результатів сканування по контурних точках або інших цілей. Принципи їх вибору та розташування співпадають із принципами розташування спеціалізованих цілей.

Під час проведення вимірювань, НЛС необхідно розташовувати так, щоби забезпечити перекриття мінімум 30 % поверхні об'єкта між сусідніми сканами, а також забезпечення вимірювань недоступних місць з різних станцій сканування. Під час сканування варто користуватись таким правилом: «Краще зробити більшу кількість станцій сканування та повністю виконати вимоги щодо розташування станцій та опорних та перекриття сканів та в майбутньому розрідити хмару точок, ніж провести меншу кількість проте з неповним виконанням вимог».

Основні налаштування НЛС під час сканування – вибір щільності та точності вимірювань, та будуть вказані викладачем. Ще одним важливим фактором, що задається під час сканування є можливість виконання сканування «в кольорі». У цьому випадку під час проведення вимірювань, НЛС виконує фотографування об'єкта вимірювань та задає кожній вимірній точці колір згідно з цими вимірюваннями. Такі вимірювання виконуються довше та файли сканувань мають більший розмір.

Зазвичай сканування в кольорі використовують під час вимірювання фасадів споруд, пам'яток архітектури тощо. Натомість сканування без використання кольору зазвичай виконують під час вимірювань внутрішніх приміщень споруд.

Після завершення сканування, НЛС виключають, виймають та упаковують акумуляторну батарею та електронний носій пам'яті.

Практична робота №2. Оброблення вимірювань сканування наземним лазерним сканером у програмному забезпечення Trimble Real Works.

Завдання та методичні вказівки

1. Імпорт результатів вимірювань наземним лазерним сканером у програмне забезпечення Trimble Real Works.

Для імпорту даних першочергово необхідно перенести проєкт вимірювань на персональний комп'ютер зі встановленим програмним забезпеченням (далі – ПЗ) Trimble Real Works. Для цього електронний носій пам'яті на який виконувалось збереження даних сканування НЛС Trimble TX6 поєднують з персональним комп'ютером за допомогою роз'ємну USB та виконують перенос проєкту вимірювань на персональний комп'ютер та запускають ПЗ Trimble Real Works (рис. 9). До початку оброблення вимірювань у ПЗ Trimble Real Works необхідно ознайомитись з інтерфейсом ПЗ та його можливостями за допомогою роботи [1].

Процес імпорту та зшивання даних наземного лазерного сканування виконується у режимі «Сшивка» ПЗ. Для цього у верхньому лівому куті необхідно відкрити список режимів та вибрати «Сшивка» (рис. 10).

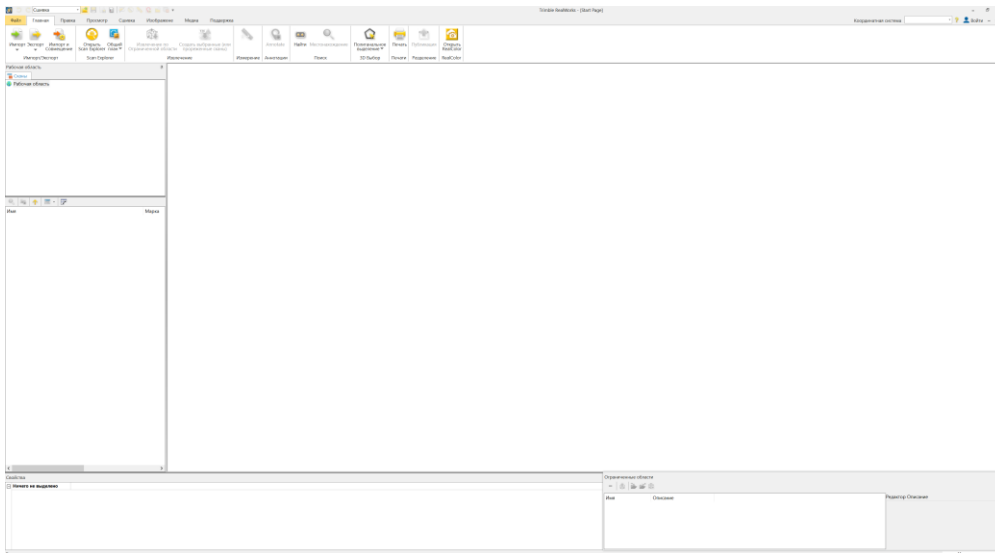


Рис. 9. Головне вікно ПЗ Trimble Real Works

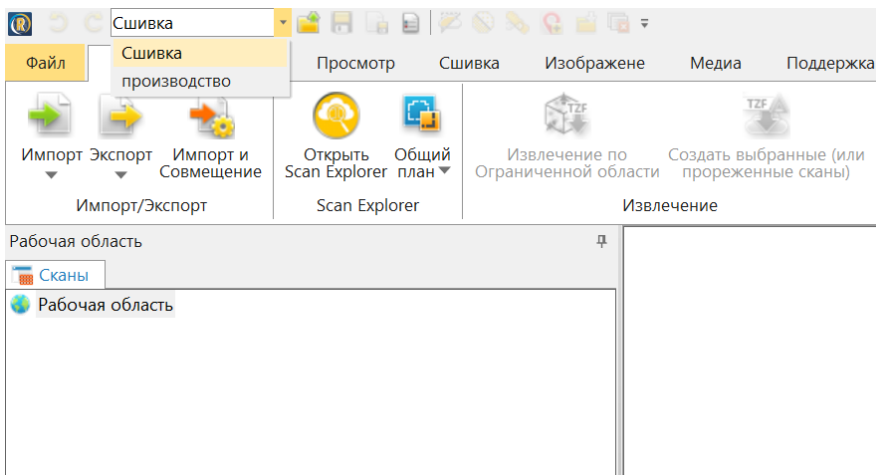


Рис. 10. Вибір режиму виконання робіт в ПЗ Trimble Real Works

Для імпорту файлів вимірювань до ПЗ Trimble Real Works необхідно натиснути «Імпорт»-«Открыть». Відкриється вікно імпорту даних (рис. 11). Можливо виконувати імпорт окремі файлів сканування, або вього проєкту в цілому.

Другий варіант імпорту небажаний, оскільки в цьому випадку всі зміни у сканах і їх положеннях будуть записуватись у проєкт сирих даних, що буде спотворювати їх. Таким чином необхідно вибрати сирі файли сканування та натиснути «Открыть». Вибрані файли будуть завантажені у дерево проєкту ПЗ (рис. 12).

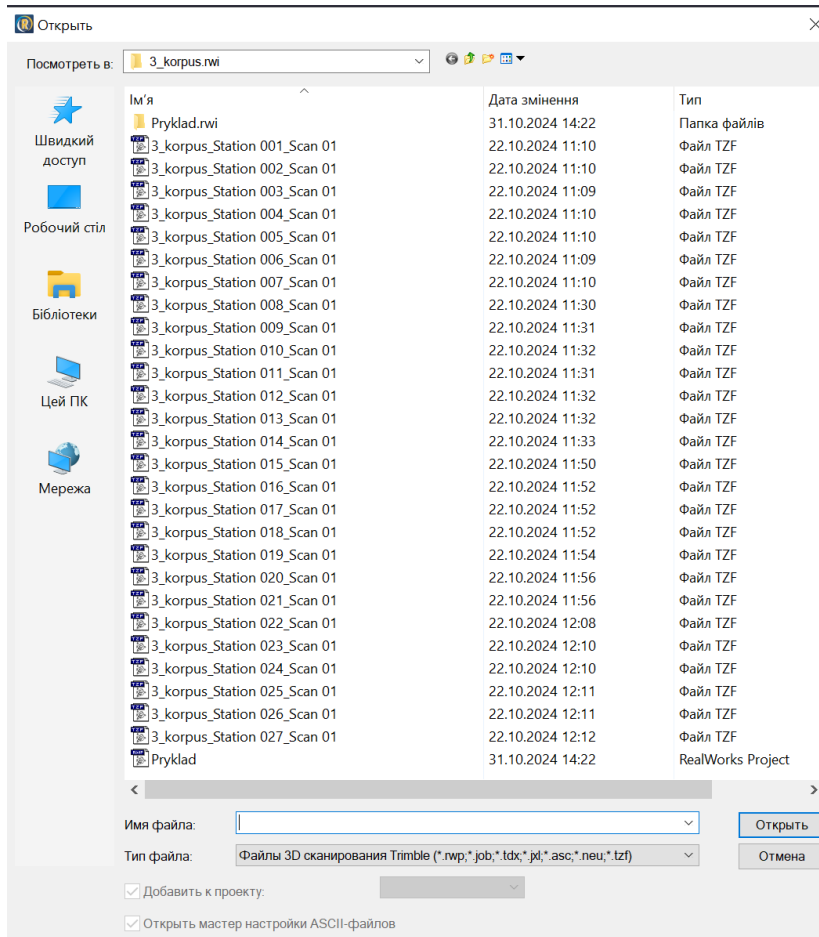


Рис. 11. Вибір файлів сканування

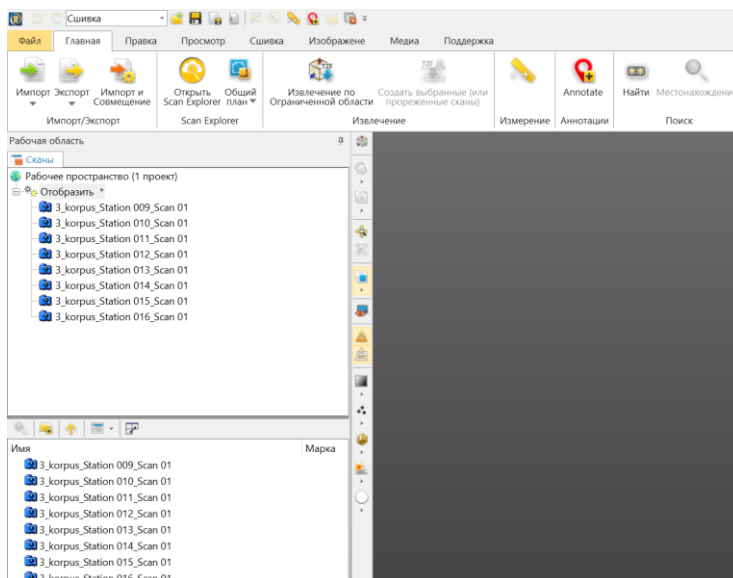


Рис. 12. Завантажені у дерево проекту файли вимірювань

Для забезпечення збереження всіх змін під час оброблення результатів лазерного сканування, необхідно виконати збереження проекту. Необхідно вибрати «Файл» – «Сохранить как», у відкритому діалоговому вікні вибрати папку де буде зберігатись проект та ввести його

назву. Для забезпечення унікальної назви проєкту, студенту варто називати останній власним прізвищем, написаним латиницею. У дереві проєкту, над файлами вимірювань з'явиться нова назва проєкту.

ПЗ Trimble Real Works не може напряму працювати із файлами сканування. Перед початком їх оброблення, необхідно ці файли перетворити у формат TZF. Для цього необхідно виділити проєкт у дереві проєкту (на рис. 13, виділений синім кольором) та на сторінці «Главная» натиснути «Создать выбранные (или прореженные сканы)». У відкритому діалоговому вікні необхідно вказати щільність сканів та діапазон обрізання сирих файлів сканування (рис. 14).

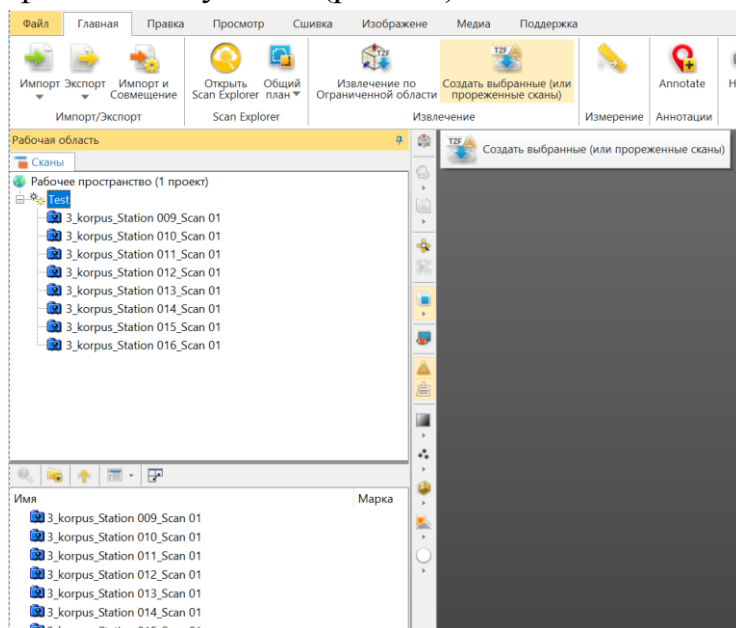


Рис. 13. Створення TZF файлів

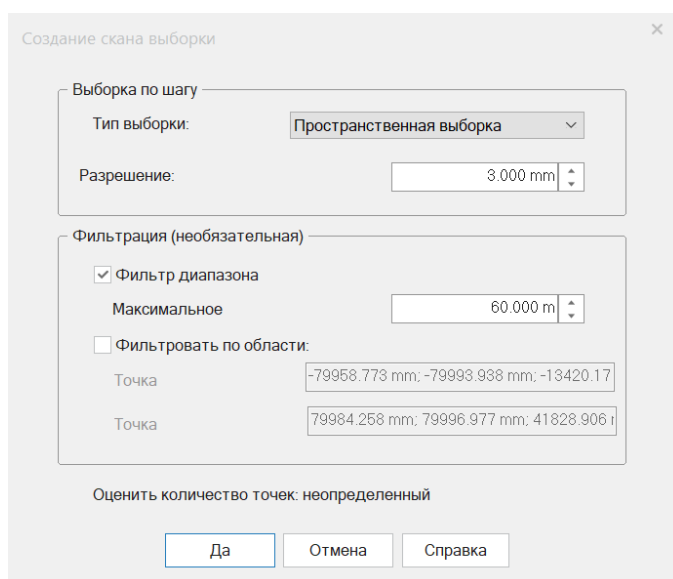


Рис. 14. Налаштування TZF файлів

Для значної кількості інженерних задач оптимальною щільністю хмар точок є щільність від 3 мм до 5 мм. В даному випадку під щільністю розуміють відстань між сусідніми точками хмари точок на будь-якій поверхні незалежно від відстані від НЛС до цієї поверхні. Встановивши параметри налаштувань, аналогічні наведеним на рис. 14, натискаємо «Да». ПЗ Trimble Real Works почне створювати TZF файли, що у випадку великих проєктів може зайняти тривалий час.

Після закінчення створення TZF файлів, проєкт буде готовий до зшивання. Перевірку наявності створених TZF файлів можна зробити наступним чином. Якщо натиснути лівою клавішою мишки на будь який файл сканування у дереві проєкту, у нижньому вікні «Список» повинна відобразитись його структура (рис. 15). У випадку наявності TZF файлу серед цих файлів буде файл із назвою «Объект – 3.000 mm». Це і є створений TZF файл. Число «3.000» - вказує на щільність, з якою створювався TZF файл. Можливо створити кілька таких файлів по одному файлу сканування із різною щільністю, всі вони будуть відображатись у вікні «Список».

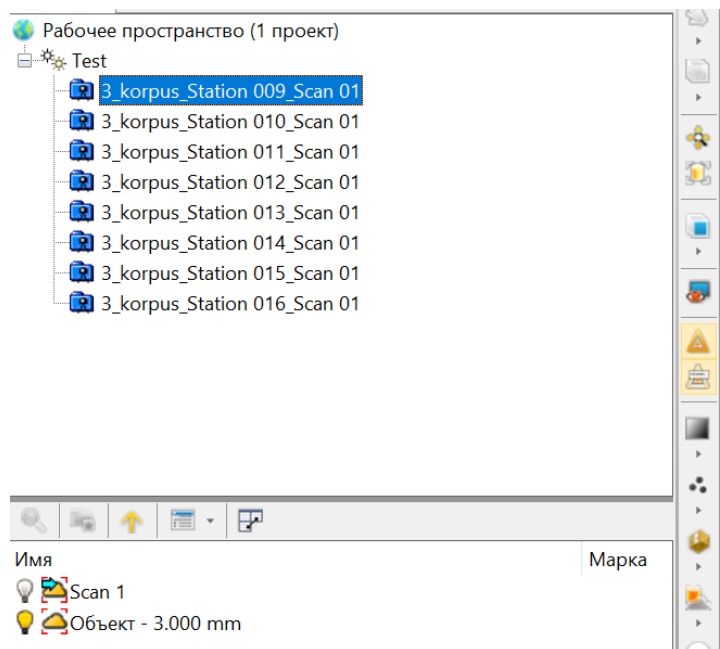


Рис. 15. Проверка наявності TZF файлу

2. Зшивання сканів у програмному забезпеченні Trimble Real Works.

Вибір процедури зшивання файлів вимірювань у ПЗ Trimble Real Works відбувається на сторінці «Сшивка». ПЗ Trimble Real Works має кілька режимів зшивання даних сканування, серед яких – «Автоматичне

зшивання по площинам», «Зшивання по характерним точках», «Автоматичне зшивання то маркам» та «Зшивання по маркам».

У режимі «Автоматичне зшивання по площинам» ПЗ Trimble Real Works самостійно шукає спільні площини і точки між сканами та зшиває скани за цими даними. Таким режим добре працює у випадку виконання зовнішніх обмірів навколо окремо розташованої споруди, у випадках сканування внутрішніх приміщень, особливо у випадку наявності відбиття даних вимірювань від скляних та дзеркальних поверхонь, результати зшивання можуть бути некоректними.

У режимі «Зшивання по характерним точках» пошук спільних точок між сканами виконується користувачем. По вказаних спільних точках на різних сканах ПЗ Trimble Real Works виконує попарне поєднання сканів між собою.

У режимі «Автоматичне зшивання то маркам» ПЗ Trimble Real Works виконує самостійний пошук спільних марок і сфер між різними сканами та виконує їх поєднання на основі цих даних. Цей режим зшивання доцільно використовувати в тому разі, коли під час сканування використовували марки або сферичні відбивачі на всіх станціях сканування.

У режимі «Зшивання по маркам» користувач виконує пошук та визначення марок та сферичних відбивачів, ПЗ Trimble Real Works виконує зшивання сканів за цими даними.

У рамках курсу «Технології лазерного сканування» студенти мають засвоїти найбільш універсальний режим зшивання даних сканування, а саме «Зшивання по характерним точках».

На сторінці «Сшивка» необхідно вибрати «Сшивка по характерным точкам» (рис. 16).

Головне вікно ПЗ Trimble Real Works буде розділено на 4 частини (рис. 17):

- 1 – хмара точок першого скану;
- 2 – хмара точок другого скану;
- 3 – візуальне накладання хмари точок першого і другого сканів;
- 4 – налаштування процесу зшивання.

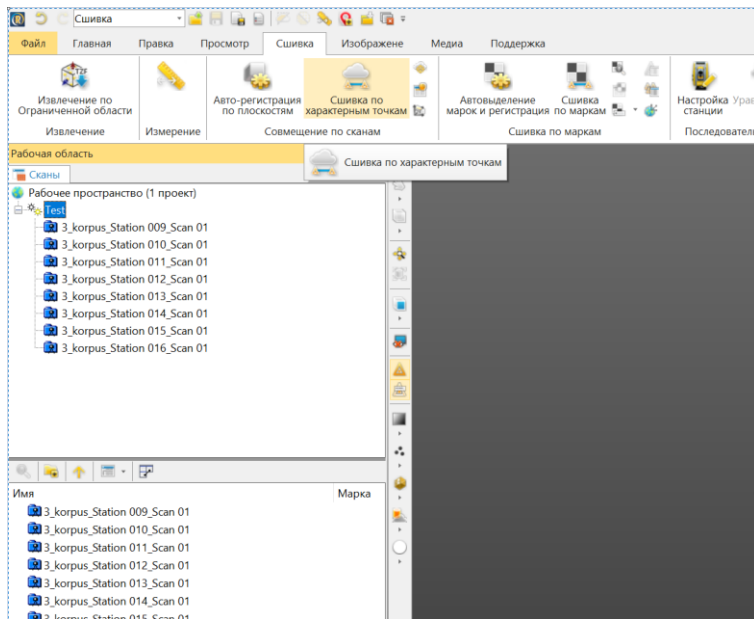


Рис. 16. Вибір режиму зшивання даних сканування

ПЗ Trimble Real Works дозволяє змінювати зображення хмар точок у вікні 1 та 2. По замовчуванню обидві хмари точок показані у відтінках сірого кольору, проте в деяких випадках зручніше працювати із хмарами точок, показаними у кольоровому форматі (у випадку виконання сканування у кольорі) (рис. 18).

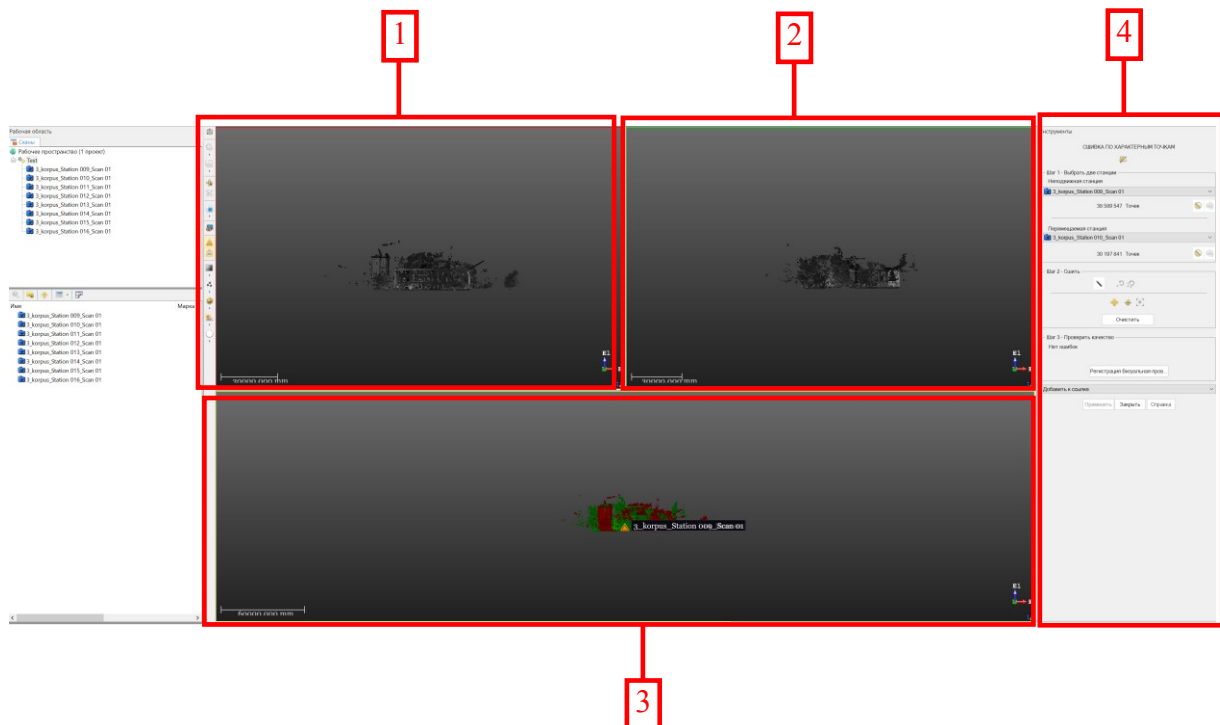


Рис. 17. Елементи інтерфейсу ПЗ Trimble Real Works у режимі «Зшивання по характерних точках»

У вікні 3 хмари точок першого і другого завжди мають червоне та зелене розфарбування відповідно. В цьому вікні візуально показано як на даний момент поєднані хмари точок між собою (рис. 19).

У вікні 4 виконується керування та налаштування процесу зшивання сканів (рис. 20).



Рис. 18. Вибір формату представлення хмар точок

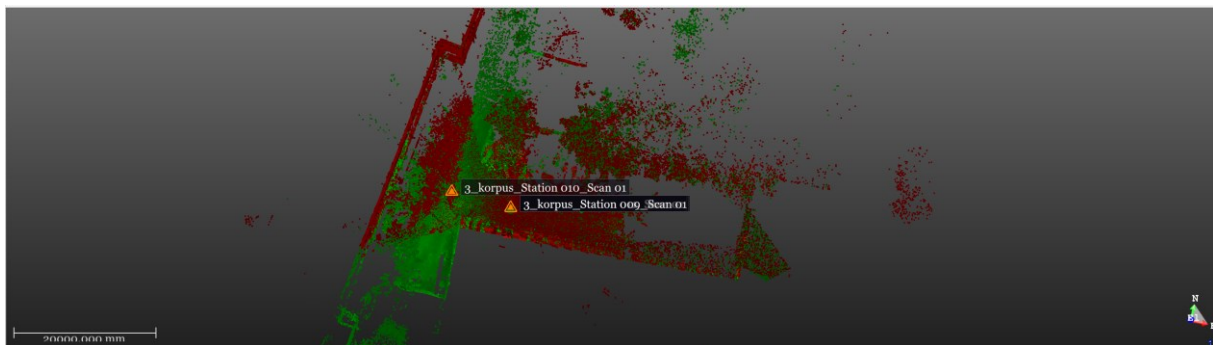


Рис. 19. Візуальне суміщення хмар точок першого і другого сканів

Цифрами на рис. 20 показано такі елементи керування режимом зшивання:

- 1 – вибір першого файлу сканування для зшивання;
- 2 – вибір другого файлу сканування для зшивання;
- 3 – автоматичне поєднання двох сканів;
- 4 – видалити останню вибрану характерну точку на двох сканах;
- 5 – видалити всі характерні точки на двох сканах;
- 6 – візуально у вікні 3 (див. рис. 17) перемістити містити хмару точок другого скану відносно хмари точок першого скану;
- 7 – візуально у вікні 3 (див. рис. 17) повернути хмару точок другого скану відносно хмари точок першого скану;

- 8 – виконати перерахунок суміщення сканів між собою;
- 9 – результати суміщення сканів між собою.

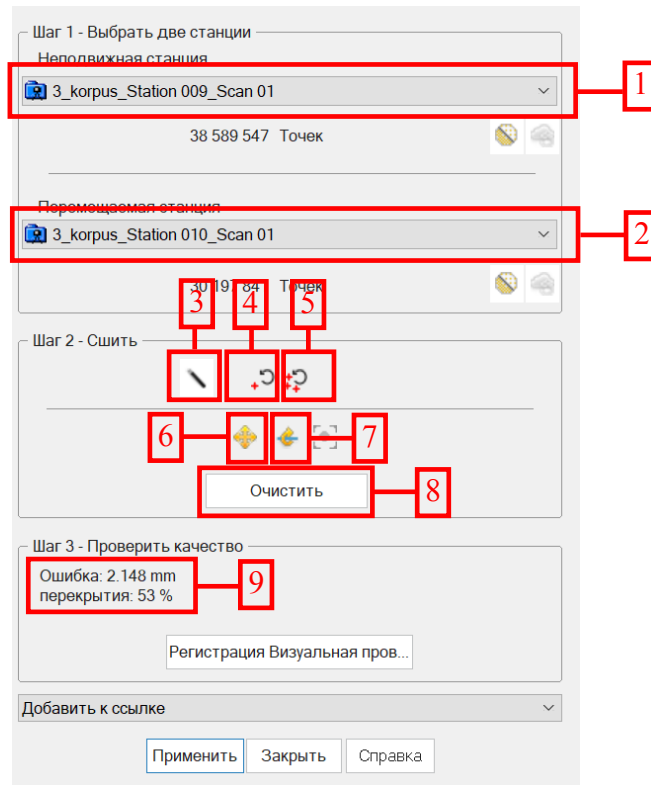


Рис. 20. Керування процесом зшивання сканів

Під час зшивання сканів між собою в режимі «Зшивання по характерних точках» користувач почергово на двох вибраних сканах повинен вибрати по три характерні точки та зшивати скани між собою (рис. 21).



Рис. 21. Вибір характерних точок

Після вибору трьох характерних точок та задовільного поєднання пари сканів між собою необхідно натиснути «Применить». ПЗ Trimble Real Works зареєструє суміщення сканів, у дереві проєкту переміщує їх до папки «Отмеченный» та автоматично запропонує зшивання наступного скану до вже зшитих сканів. Процес продовжується доки всі скани не

будуть поєднані в один проєкт. Для виходу із режиму «Зшивання по характерним точках» необхідно натиснути «Закрити».

ПЗ Trimble Real Works дає можливість покращити остаточну хмару точок проєкту шляхом додаткового вирівнювання хмар точок всіх сканів проєкту між собою. Запуск цього інструменту можливий після вибору папки із зшитими сканами та запуску команди «уточнение регистрации по Сканам» (рис. 22).

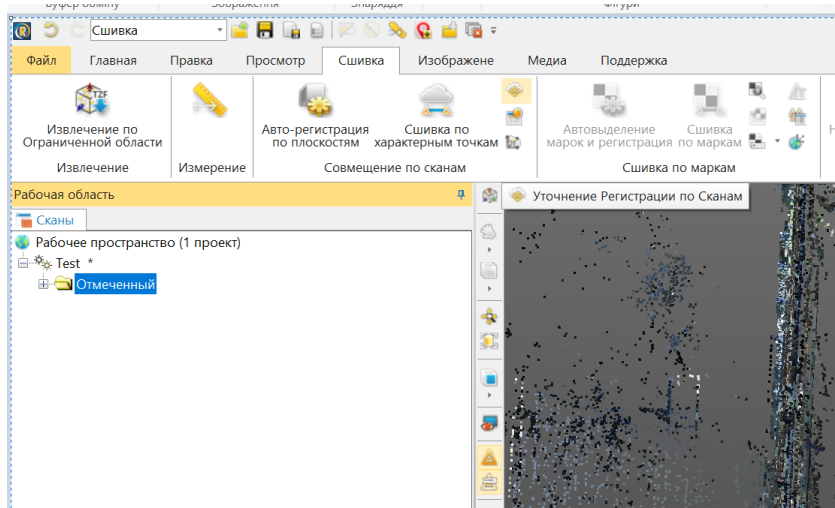


Рис. 22. Запуск процедури вирівнювання сканування

У відкритому діалоговому вікні (рис. 23) необхідно вибрати скан, до якого будуть зшиватись інші скани та натиснути «Начало».

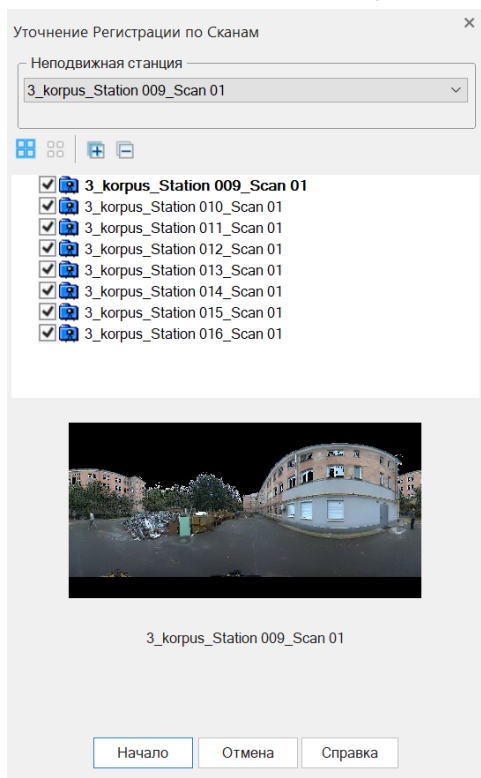


Рис. 23. Запуск процедури вирівнювання сканів

За результатами опрацювання ПЗ Trimble Real Works видасть звіт з оцінкою точності суміщення сканів (рис. 24).

Отчет о регистрации (с использованием сканирования TZF)

Name	Ошибка	Перекрывтие (%)	Корректность (%)
Test			
3_korpus...			
3_kor...	0.910 mm	68%	99%
3_korpus...			
3_kor...	0.910 mm	68%	99%
3_kor...	1.294 mm	57%	98%
3_korpus...			
3_kor...	1.294 mm	57%	98%
3_kor...	0.993 mm	35%	96%
3_korpus...			
3_kor...	0.993 mm	35%	96%
3_kor...	1.892 mm	39%	96%
3_korpus...			
3_kor...	1.892 mm	39%	96%
3_kor...	1.153 mm	63%	99%
3_kor...	1.320 mm	53%	98%
3_kor...	1.669 mm	46%	97%
3_korpus...			
3_kor...	1.153 mm	63%	99%
3_kor...	1.133 mm	72%	99%
3_kor...	1.501 mm	56%	98%

Общая ошибка совмещения облаков точек: 1.274

Сохранить как RTF Закрыть Справка

Рис. 24. Оцінка точності суміщення сканів

3. Створення системи координат проекту.

Робота із хмарию точок проекту відбувається в режимі «Производство» ПЗ Trimble Real Works (рис. 25). У цьому режимі можливо виконати оброблення, редагування, зміщення та експорт хмари точок проекту. Для переходу у режим «Производство», його необхідно вибрати у списку, що знаходиться у лівому верхньому куті ПЗ.

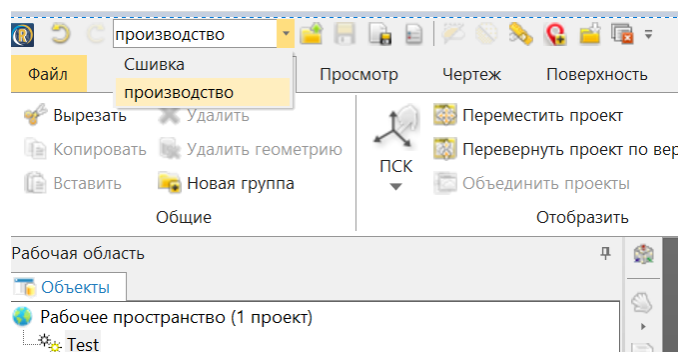


Рис. 25. Вибір режиму роботи із хмарию точок

У вікні «Список» дерева проекту необхідно включити лампочку напроти хмари точок проекту. У головному вікні ПЗ з'явиться зшита хмара точок (рис. 26).

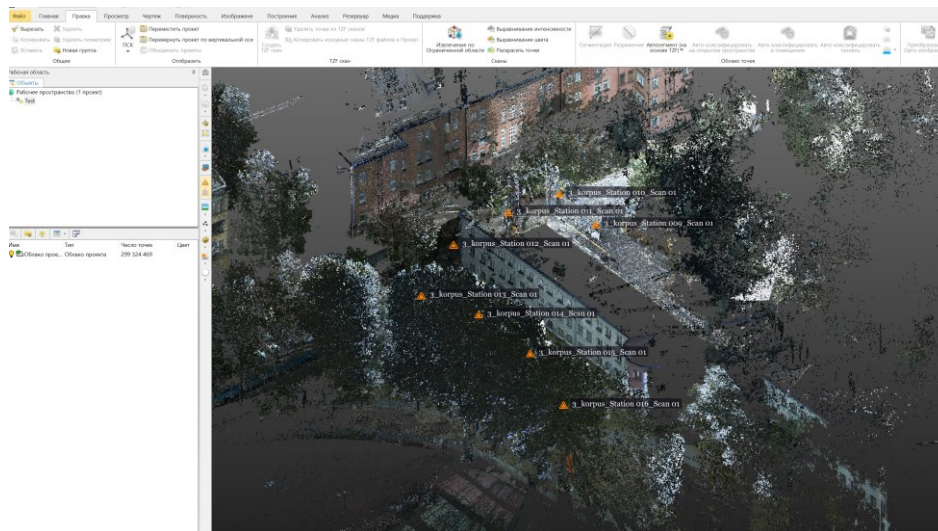


Рис. 26. Хмара точок проекту

Наразі в проєкті створена власна система координат, яка є незручною для подальшого оброблення. Таким чином, виникає задача зміни системи координат об'єкта сканування. Зазвичай під час створення нової умовної системи координат користуються такими правилами:

- за нуль системи координат вибирають один із кутів споруди;
- вісь X системи координат має співпадати із поздовжньою віссю споруди.

Створення нової системи координат у проєкті можливе після вибору команди «ПСК» що знаходиться у вкладці «Правка». Необхідно вибрати команду «Создание СК».

У правій частині головного вікна ПЗ з'явиться меню керування створення системи координат (рис. 27). У вікні необхідно вибрати команду 1 (рис. 27) та візуально позначити на хмарі точок точку початку координат.

Після того необхідно вибрати команду 2 (рис. 27) та двома точками на хмарі точок задати напрям осі X нової системи координат. Після встановлення галки у полі 3 та натиснення кнопки «Создать» нова система координат буде створена.

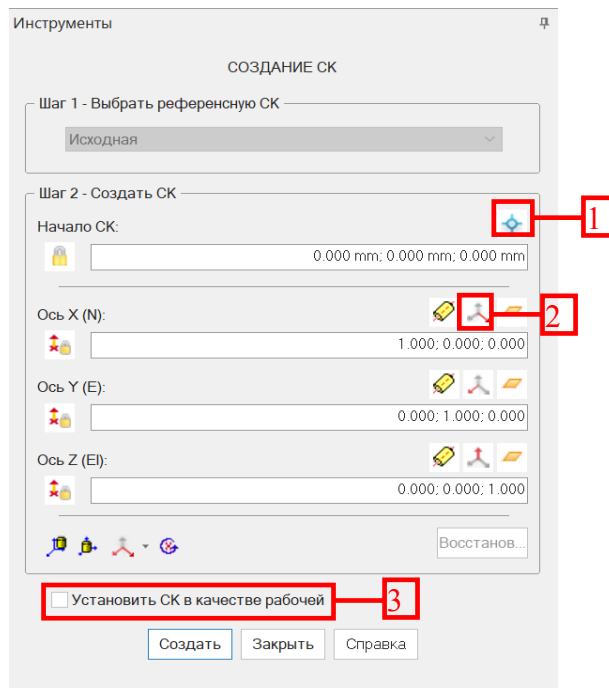


Рис. 27. Створення нової системи координат

4. Редагування та експорт «хмари точок» об'єкта вимірювань.

Хмара точок об'єкта сканування, отримана після зшивання сканів та створення системи координат, є незручною для подальшого оброблення, оскільки містить багато надлишкової інформації. Отже, необхідно видалити надлишкову інформацію з отриманої хмари точок. ПЗ Trimble Real має ряд інструментів щодо автоматичного та ручного коригування хмари точок. Для ручного видалення зайвої інформації з хмари точок необхідно на вкладці «Правка» вибрати інструмент «Сегментация» (рис. 28).

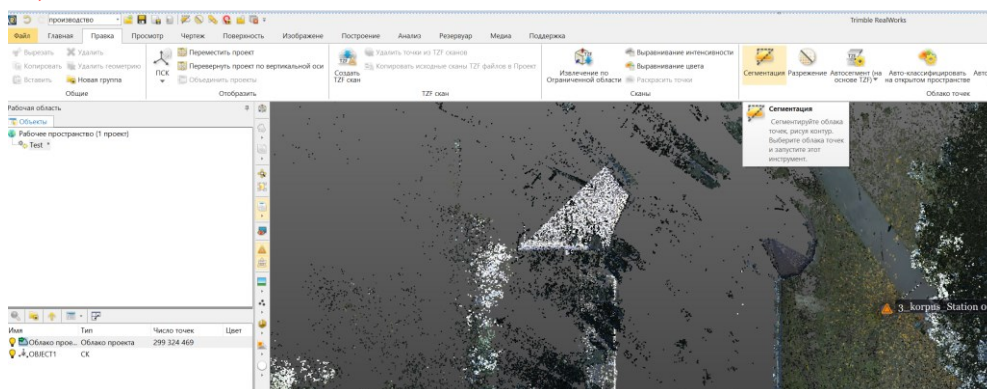


Рис. 28. Вибір режиму коригування хмари точок

За допомогою мишки необхідно вибрати частину хмари точок. Кожен кут повороту позначається одним натиском лівої кнопки мишки.

Подвійний натиск лівої кнопки мишки закінчує вибір сегменту (рис. 29). У діалоговому вікні інструменту необхідно вибрати один з двох варіантів:

- 1 – вирізати все що не виділено;
- 2 – вирізати все що виділено.

На наступному етапі необхідно затвердити зміни (команда 3 рис. 29) та, за необхідності, закрити інструмент сегментації (команда 4 рис. 29).

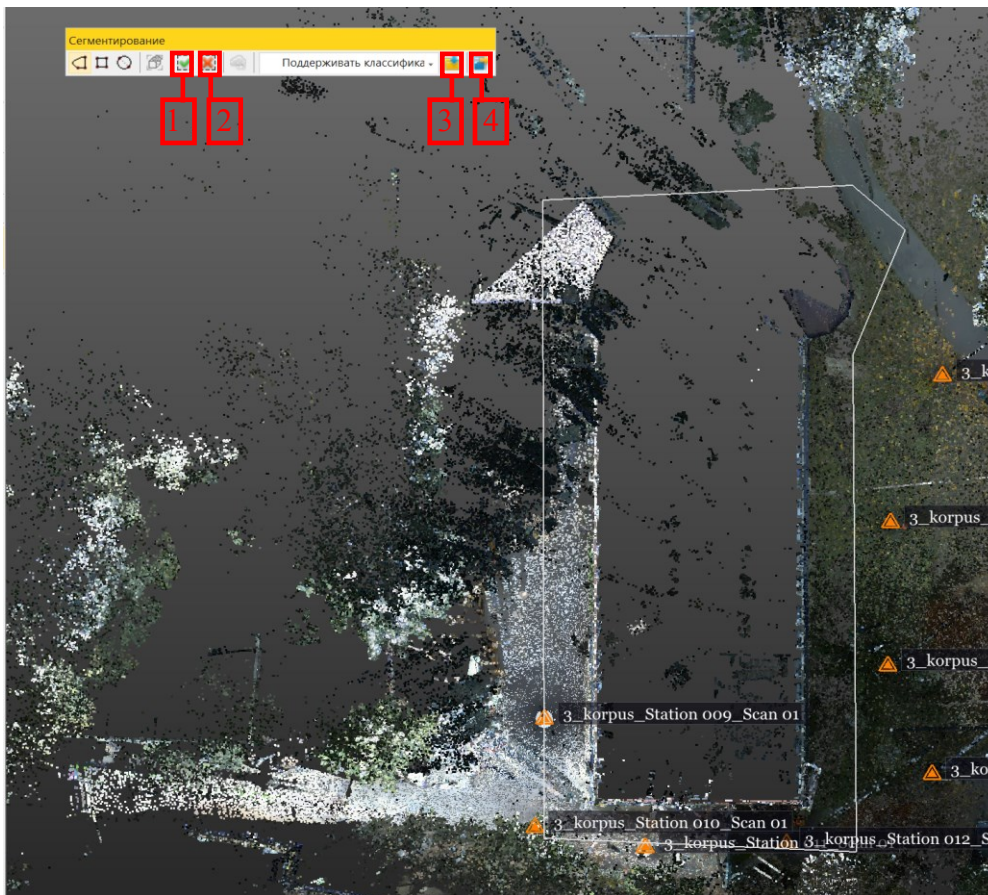


Рис. 29. Сегментація хмари точок

Новий фрагмент хмари точок з'явиться у вікні «Список» дерева проект під назвою «ОБЪЕКТ N», де замість N буде число – порядковий номер дії у роботі із хмарою точок (рис. 30).

Для експорту вибраного фрагменту хмари точок необхідно виділити його лівою кнопкою мишки та на вкладці «Главная» вибрати інструмент «Экспорт», команду «Экспорт выделения». У відкритому діалоговому вікні вибрати необхідний формат файлу хмари точок, встановити у дереві каталогів місце експорту хмари точок та натиснути «Сохранить».

Найбільш популярними форматами хмар точок є формати .e57 та .gpr. Останній формат застосовують для імпорту хмар точок у ПЗ Autodesk Revit з метою побудови 3D моделі споруди.

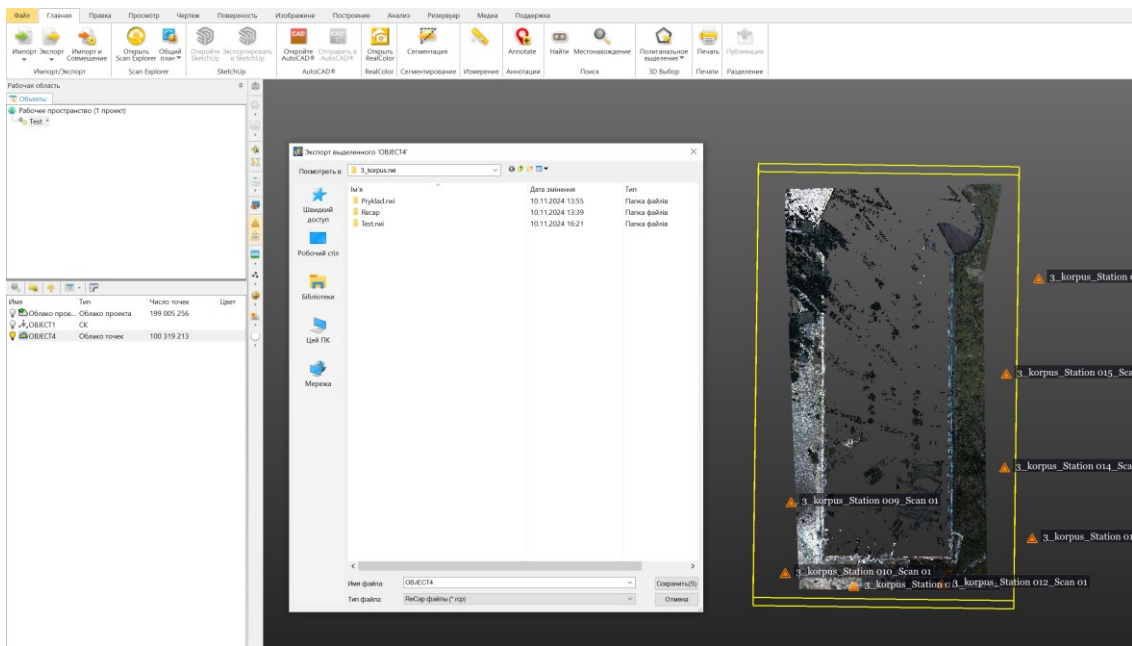


Рис. 30. Экспорт фрагмента хмари точек

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Trimble RealWorks. USER GUIDE. Release 12.0. Revision A. October 2021 – 938 p.

Навчально-методичне видання

ТЕХНОЛОГІЇ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ

Методичні вказівки
до виконання практичних робіт
для здобувачів другого (магістерського)
рівня вищої освіти спеціальності
193 «Геодезія та землеустрій»

Укладачі: **Адаменко** Олександр Вікторович;
Дем'яненко Роман Анатолійович;
Ісаєв Олександр Павлович;
Гуляєв Юрій Федорович;
Боденко Анатолій Іванович

Комп'ютерне верстання *А. П. Селівестрової*

Ум. друк. арк. 1,63. Обл.-вид. арк. 1,75
Електронний документ. Вид № 66/V-24.

Виконавець і виготовлювач
Київський національний університет будівництва і архітектури

Проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна, 03037
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р