

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет землевпорядкування

ПОГОДЖЕНО

Декан факультету
землевпорядкування

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
геоінформатики і аерокосмічних
досліджень Землі

_____ **Олександр ШЕВЧЕНКО**

_____ **Антоніна МОСКАЛЕНКО**

«_____» _____ 2026 р.

«_____» _____ 2026 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Геоінформаційне забезпечення процесу лазерного сканування
автозаправних станцій в межах Бучанської громади»**

Спеціальність «193 Геодезія та землеустрій»

Освітньо-професійна програма «Геодезія та землеустрій»

Гарант освітньої програми

д. геогр. н., професор

(науковий ступінь та вчене звання)

_____ **Іван КОВАЛЬЧУК**

(підпис)

**Керівник бакалаврської
кваліфікаційної роботи,**

д.е.н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

_____ **Антон Кошель**

(підпис)

Виконав

_____ **Іван Олінійчук**

(підпис)

Київ – 2026

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет землепорядкування**

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри
геоінформатики аерокосмічних
досліджень Землі,
к.т.н., доцент**

_____ **Антоніна МОСКАЛЕНКО**

« _____ » _____ р.

**ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ БАКАЛАВРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ
РОБОТИ З ДОБУВАЧУ**

Олінійчуку Івану Володимировичу

Спеціальність «193 Геодезія та землеустрій».

Освітньо-професійна програма «Геодезія та землеустрій».

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: «Геоінформаційне забезпечення процесу лазерного сканування автозаправних станцій в межах Бучанської громади» затверджена наказом від 27.11.2025 року № 2899 «С».

Термін подання завершеної роботи на кафедру: за 10 днів до захисту.

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи: топографічні карти (державний фонд геодезичних і картографічних матеріалів), дані Державного земельного кадастру (ДЗК) щодо меж земельних ділянок, відкриті геопросторові дані: OpenStreetMap, матеріали лазерного сканування.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Проаналізувати нормативно-правове та методичне забезпечення виконання геодезичних робіт із застосуванням технологій лазерного сканування.

2. Дослідити особливості застосування геоінформаційних систем для обробки, зберігання та аналізу даних лазерного сканування.
3. Виконати аналіз просторової організації Бучанської міської територіальної громади та особливостей розміщення автозаправних станцій.
4. Обґрунтувати підходи до організації польових робіт і вибору обладнання для виконання наземного лазерного сканування АЗС.
5. Розглянути технологію збору та первинної обробки даних лазерного сканування в польових умовах.
6. Дослідити процес інтеграції результатів лазерного сканування у геоінформаційні системи та формування єдиної просторової бази даних.

Додатки.

Дата видачі завдання _____

Керівник бакалаврської

кваліфікаційної роботи _____ **Антон КОШЕЛЬ**

Завдання взяв до виконання _____ **Іван ОЛНІЙЧУК**

РЕФЕРАТ	6
ABSTRACT.....	7
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ	11
1.1. <i>Поняття, принципи та види лазерного сканування.....</i>	11
1.2. <i>Геоінформаційні системи у процесах обробки даних сканування</i>	15
1.3. <i>Нормативно-правове забезпечення геодезичних робіт в Україні</i>	18
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА БУЧАНСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ ТА МЕРЕЖІ АЗС	20
2.1. <i>Географічне положення та просторові особливості громади.....</i>	20
2.2. <i>Соціально-економічна характеристика території.....</i>	22
2.3. <i>Аналіз розміщення автозаправних станцій (АЗС)</i>	23
РОЗДІЛ 3. ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ АЗС	28
3.1. <i>Планування польових робіт та вибір обладнання.....</i>	28
3.2. <i>Проведення лазерного сканування та збір даних</i>	30
3.3. <i>Інтеграція результатів у геоінформаційну систему.....</i>	32
3.4. <i>Побудова цифрових моделей об'єктів</i>	36
ВИСНОВКИ	40
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	42

РЕФЕРАТ

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг бакалаврської кваліфікаційної роботи становить * сторінки комп'ютерного тексту. Робота містить 11 рисунків. Список використаних джерел налічує * найменування.

Ключові слова: СКАНУВАННЯ, ХМАРА ТОЧОК, ГЕОІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА, ЦИФРОВА МОДЕЛЬ, ГІС.

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є дослідження та розробка геоінформаційного забезпечення процесу лазерного сканування автозаправних станцій у межах Бучанської громади для отримання точних просторових даних, створення цифрових моделей об'єктів та підвищення ефективності обробки, аналізу й візуалізації геопросторової інформації

Об'єктом дослідження є автозаправні станції які розташовані в межах Бучанської громади.

Предметом дослідження є методи, технології та геоінформаційні засоби, що застосовуються під час виконання лазерного сканування автозаправних станцій, а також процеси збору, опрацювання, збереження й використання просторових даних для створення цифрових моделей об'єктів.

Методи дослідження: аналіз і синтез наукових джерел; геоінформаційний; картографічний; порівняльний; геодезичних вимірювань; тривимірного моделювання.

До основних результатів дослідження належать такі:

- досліджено теоретичні та методичні засади геоінформаційного забезпечення процесу лазерного сканування об'єктів інженерної інфраструктури;
- проаналізовано сучасні технології лазерного сканування та особливості їх застосування під час виконання геодезичних робіт;

- встановлено, що використання геоінформаційних систем забезпечує ефективне зберігання, обробку, аналіз і візуалізацію результатів лазерного сканування;
- проаналізовано природно-територіальні та соціально-економічні особливості Бучанської міської територіальної громади, а також розміщення автозаправних станцій на її території;
- визначено основні етапи збору, обробки та реєстрації даних лазерного сканування з використанням геоінформаційних технологій;
- досліджено процес інтеграції хмар точок у геоінформаційні системи та створення цифрових моделей об'єктів;

Практичне значення роботи полягає у можливості використання результатів дослідження для виконання інженерно-геодезичних робіт, створення цифрових моделей об'єктів інфраструктури, удосконалення процесів просторового аналізу та управління геоданими в геоінформаційних системах, а також під час проєктування, реконструкції та експлуатації автозаправних станцій.

ABSTRACT

The Bachelor's thesis consists of an introduction, three chapters, conclusions, a list of references and appendices. The total length of the Bachelor's thesis is * pages of typed text. The thesis contains 11 figures. The list of references comprises * titles.

Keywords: SCANNING, POINT CLOUD, GEOINFORMATION SYSTEM, DIGITAL MODEL, GIS.

The aim of this bachelor's thesis is to investigate and develop a geoinformation system for the laser scanning of petrol stations within the Bucha community, with a view to obtaining accurate spatial data, creating digital models of objects, and improving the efficiency of the processing, analysis and visualisation of geospatial information

The object of the study is petrol stations located within the Bucha community.

The subject of the study is the methods, technologies and geoinformation tools used during the laser scanning of petrol stations, as well as the processes of collecting, processing, storing and using spatial data to create digital models of objects.

Research methods: analysis and synthesis of scientific sources; geoinformation; cartographic; comparative; geodetic measurements; three-dimensional modelling.

The main findings of the study include the following:

- the theoretical and methodological foundations of geoinformation support for the laser scanning of engineering infrastructure objects have been investigated;
- modern laser scanning technologies and the specific features of their application in surveying work have been analysed;
- it was established that the use of geoinformation systems ensures the effective storage, processing, analysis and visualisation of laser scanning results;
- the natural, territorial and socio-economic characteristics of the Bucha urban territorial community were analysed, as well as the location of petrol stations within its territory;
- the main stages of collecting, processing and recording laser scanning data using geoinformation technologies have been identified;
- the process of integrating point clouds into geoinformation systems and creating digital models of objects has been investigated.

The practical significance of the work lies in the possibility of using the research results to carry out engineering and surveying works, create digital models of infrastructure objects, improve spatial analysis and geodata management processes in geoinformation systems, as well as during the design, reconstruction and operation of petrol stations.

ВСТУП

Сучасний розвиток геоінформаційних технологій та методів просторового моделювання суттєво розширює можливості отримання, обробки та аналізу геопросторових даних. Особливого значення набуває застосування технологій лазерного сканування, які забезпечують високу точність і деталізацію просторової інформації про об'єкти інженерної інфраструктури. Інтеграція даних лазерного сканування з геоінформаційними системами (ГІС) дозволяє створювати цифрові моделі об'єктів, виконувати просторовий аналіз та підвищувати ефективність управління територіями.

У цьому контексті важливим об'єктом дослідження виступають автозаправні станції, які є складовими елементами транспортної та інженерної інфраструктури. Їх розміщення та технічний стан мають суттєве значення для безпеки населення, екологічного стану територій і ефективного функціонування міського середовища. Бучанська громада як динамічно розвинена територіальна одиниця характеризується активними процесами урбанізації, що зумовлює потребу в точному просторовому обліку та моніторингу об'єктів критичної інфраструктури, зокрема автозаправних станцій.

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: «Геоінформаційне забезпечення процесу лазерного сканування автозаправних станцій в межах Бучанської громади».

Метою роботи є дослідження та розробка геоінформаційного забезпечення процесу лазерного сканування автозаправних станцій у межах Бучанської громади для отримання точних просторових даних, створення цифрових моделей об'єктів та підвищення ефективності обробки, аналізу й візуалізації геопросторової інформації.

Об'єктом дослідження є автозаправні станції, розташовані в межах Бучанської громади.

Предметом дослідження виступають методи, технології та геоінформаційні засоби, що застосовуються під час виконання лазерного сканування автозаправних станцій, а також процеси збору, опрацювання, збереження й використання просторових даних для створення цифрових моделей об'єктів.

Методи дослідження включають аналіз і синтез наукових джерел, геоінформаційний та картографічний методи, порівняльний аналіз, метод геодезичних вимірювань, а також методи тривимірного моделювання. Використання зазначених підходів дозволяє комплексно дослідити процес лазерного сканування та особливості його інтеграції в середовище геоінформаційних систем.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення точності просторових даних та вдосконалення методів цифрового моделювання об'єктів інфраструктури, що є важливим для забезпечення ефективного просторового планування, моніторингу та управління територіями в умовах сучасного розвитку Бучанської громади.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ

1.1. Поняття, принципи та види лазерного сканування

Лазерне сканування — це інноваційна технологія, що дозволяє з високою точністю отримувати просторові дані про форму, розміри та розташування різних об'єктів у режимі реального часу. Суть методу полягає у використанні лазерного променя, що відбивається від поверхні, а система фіксує час його повернення. Це дає можливість побудувати деталізовані тривимірні (3D) моделі будівель, рельєфу, промислових споруд та інженерних конструкцій [3].

Принцип роботи лазерного сканера аналогічний принципу роботи безвідбивачевого електронного тахеометра і полягає в вимірі часу проходження лазерного променя від випромінювача до поверхні, що відбиває і назад до приймача. Шляхом ділення цього часу на швидкість поширення лазерного променя визначається відстань до об'єкта. Сканер складається з лазерного далекоміра, адаптованого для роботи з високою частотою і блоку розгортки лазерного променя. Як блок розгортки в сканері виступають сервопривід і полігональне дзеркало або призма. Сервопривод відхиляє промінь на задану величину в горизонтальній площині, при цьому повертається вся верхня частина сканера. Розгортка у вертикальній площині здійснюється за рахунок обертання або коливання дзеркала.

В основу методу роботи сучасних лазерних далекомірів, використовуваних в сканерах, покладені імпульсний і фазовий безвідбивачеві методи вимірювання відстаней. У процесі сканування фіксується напрямок поширення лазерного променя і відстань до точок об'єкта. Результатом роботи сканера є масив (хмара) точок лазерних відображень від об'єктів, що знаходяться в полі зору сканера, з п'ятьма характеристиками, а саме просторовими координатами (x, y, z), інтенсивністю і реальним кольором. Зазвичай, характеристики реального кольору для кожної точки виходить за допомогою цифрової камери. Швейцарська компанія Leica Geosystems є

загально визнаним світовим лідером розробки лазерних технологій і виробництва лазерних сканерів.

Основні переваги лазерного сканування:

- зниження витрат при виконанні виконавчої і топографічної зйомки;
- зниження або повне виключення повторних додаткових зйомок об'єкта;
- отримання більш точних і повних результатів виконавчої зйомки і як наслідок - усунення неоднозначностей при проведенні камеральних робіт;
- мінімізація часу польових робіт.

Сфери використання лазерного сканування:

- створення тривимірних моделей складних інженерних споруд і технологічного обладнання з високим ступенем деталізації і точності;
- зйомка фасадів історичних будівель, пам'ятників та унікальних об'єктів для їх реконструкції;
- дорожня зйомка;
- зйомка тунелів;
- гірничодобувна промисловість;
- моніторинг будівель і споруд;
- визначення обсягів земляних робіт і / або технологічних ємностей;
- документування наслідків надзвичайних ситуацій.

Типи лазерного сканування [5]:

- Повітряні лазерні сканери

Авіаційні лазерні сканери встановлюються на літаках або безпілотної авіації для отримання високоякісних 3D-даних великих площ з висоти пташиного польоту. Ці сканери використовують технологію LiDAR (визначення та визначення дальності світла) для передачі лазерних імпульсів до землі та вимірювання часу, необхідного для повернення імпульсів до датчика (рис 1.1)

[21]. Дані, зібрані авіаційними лазерними сканерами, можна використовувати для створення цифрових моделей рельєфу, вимірювання висоти рослинності та картографування земного покриву. Цей тип сканера особливо корисний для моніторингу навколишнього середовища, управління лісовим господарством, міського планування та геологічної зйомки [22].



Рис 1.1.Безпілотний літальний апарат з технологією LiDAR

- Наземні лазерні сканери

Наземні лазерні сканери – це стаціонарні пристрої, які випромінюють лазерні промені в горизонтальній або вертикальній площині для отримання детальних 3D-вимірювань об'єктів або споруд у межах їхньої лінії зору (рис1.2). Ці сканери використовують технологію вимірювання часу прольоту або фазового зсуву для розрахунку відстаней між сканером і цільовою поверхнею на основі часу, необхідного для повернення лазерного променя до датчика. Наземні лазерні сканери зазвичай використовуються для обстеження будівельних майданчиків, складання будівельної документації та археологічних розкопок. Вони також використовуються для моніторингу структурних деформацій та створення точних 3D-моделей будівель і пам'ятників [20].



Рис 1.2. Стационарний лазерний сканер

- Мобільні лазерні сканери

Мобільні лазерні сканери встановлюються на транспортних засобах, таких як автомобілі чи поїзди, для отримання 3D-даних дорожніх мереж, залізниць та міського середовища в русі (рис 1.3). Ці сканери використовують комбінацію датчиків LiDAR, GPS-приймачів та інерціальних вимірювальних пристроїв для збору точних геопросторових даних під час руху транспортного засобу з різною швидкістю. Мобільні лазерні сканери ідеально підходять для планування транспорту, обслуговування інфраструктури, картографування вулиць та моделювання міст. Вони можуть швидко створювати детальні 3D-карти великих територій без необхідності ручних вимірювань чи геодезичних досліджень [12].



Рис 1.3. Мобільний лазерний сканер

- Ручні лазерні сканери

Ручні лазерні сканери – це портативні пристрої, які дозволяють користувачам знімати 3D-дані об'єктів або сцен, переміщуючи сканер навколо цілі, тримаючи його в руці (рис 1.4). Ці сканери використовують методи структурованого світла або лазерної тріангуляції для створення хмар точок геометрії поверхні з субміліметровою точністю. Ручні лазерні сканери зазвичай використовуються в зворотному проектуванні, контролі якості, промисловому дизайні та збереженні культурної спадщини. Вони ідеально підходять для зйомки об'єктів малого та середнього розміру зі складними деталями, таких як артефакти, скульптури та механічні деталі.



Рис 1.4. Ручний сканер

1.2. Геоінформаційні системи у процесах обробки даних сканування

Сучасний розвиток геоінформаційних технологій значно розширив можливості збору, аналізу та візуалізації просторової інформації. Одним із найбільш ефективних методів отримання точних геоданих є лазерне сканування, яке забезпечує створення детальних цифрових моделей місцевості, будівель та інженерних споруд. У процесах обробки результатів сканування важливу роль відіграють геоінформаційні системи, оскільки саме вони забезпечують інтеграцію, аналіз та систематизацію великих обсягів просторових даних.

Технологія лазерного сканування базується на визначенні координат точок шляхом вимірювання часу проходження лазерного імпульсу від сканера до поверхні об'єкта та у зворотному напрямку. Результатом роботи

сканувального обладнання є хмара точок, яка містить просторові координати та додаткові характеристики об'єктів. Отримані дані відзначаються високою точністю та щільністю, що дозволяє формувати реалістичні тривимірні моделі території або споруд [18].

Геоінформаційні системи забезпечують комплексну обробку хмар точок та їх подальше використання у різних сферах діяльності. За допомогою ГІС виконуються класифікація об'єктів, фільтрація шумів, видалення зайвих елементів, побудова цифрових моделей рельєфу та створення тривимірних сцен. Крім цього, геоінформаційні системи дозволяють поєднувати результати сканування з іншими джерелами геопросторової інформації, зокрема топографічними картами, кадастровими даними, ортофотопланами та супутниковими знімками.

Однією з головних переваг використання ГІС у процесах обробки даних сканування є можливість автоматизації значної частини робіт. Сучасне програмне забезпечення дає змогу швидко виконувати обробку великих масивів даних, скорочувати час створення цифрових моделей та мінімізувати кількість помилок під час аналізу інформації. Це особливо важливо при роботі зі складними інженерними об'єктами та територіями з високою щільністю забудови [19].

У сфері обробки даних лазерного сканування широко використовуються програмні комплекси ArcGIS, QGIS, CloudCompare, Autodesk ReCap та інші спеціалізовані системи. Зокрема, Autodesk ReCap застосовується для роботи з хмарами точок та їх інтеграції в середовище AutoCAD. Програма забезпечує імпорт, обробку та оптимізацію результатів сканування, після чого дані можуть бути підвантажені до AutoCAD для створення креслень, побудови тривимірних моделей і проведення інженерного аналізу. Такий підхід значно підвищує точність проєктних робіт та полегшує процес створення цифрової документації.

Для професійної обробки LiDAR-даних також використовується програмне забезпечення CoPre від компанії CHCNAV (рис 1.5). Даний програмний комплекс призначений для роботи з даними повітряного,

мобільного та наземного лазерного сканування. CoPre забезпечує автоматизовану прив'язку хмар точок, їх фільтрацію, забарвлення та генерацію високоточних тривимірних моделей місцевості й окремих об'єктів. Використання такого програмного забезпечення дозволяє ефективно обробляти великі обсяги просторової інформації та отримувати якісні результати для подальшого аналізу й моделювання [8].



Рисунок 1.5 Програмний засіб CoPre

Особливого значення геоінформаційні системи набувають під час сканування об'єктів інженерної інфраструктури, зокрема автозаправних станцій. Під час виконання лазерного сканування АЗС формується детальна цифрова модель території, яка містить інформацію про розташування будівель, резервуарів, навісів, колонок, дорожнього покриття та інженерних комунікацій. Отримані дані можуть використовуватися для технічного моніторингу, реконструкції об'єктів, оцінки технічного стану споруд та створення актуальної проєктної документації.

Важливим напрямом розвитку сучасних геоінформаційних систем є інтеграція технологій безпілотного лазерного сканування та автоматизованої обробки даних. Використання безпілотних літальних апаратів у поєднанні з ГІС дозволяє оперативно отримувати просторову інформацію про значні території, проводити моніторинг змін та створювати актуальні цифрові моделі місцевості.

Це особливо актуально для інженерних об'єктів, транспортної інфраструктури та територій зі складними умовами доступу.

1.3. Нормативно-правове забезпечення геодезичних робіт в Україні

Геодезична діяльність в Україні є важливою складовою системи управління територіями, земельними ресурсами та об'єктами інженерної інфраструктури. Виконання геодезичних і топографічних робіт регулюється нормативно-правовими актами, які визначають правові, організаційні та технічні засади здійснення такої діяльності. Нормативно-правове забезпечення спрямоване на формування єдиної системи геопросторових даних, забезпечення точності вимірювань та дотримання державних стандартів у сфері геодезії та картографії.

Базовим нормативним актом у цій сфері є Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» (№ 353-XIV) [1]. Він визначає правові та організаційні основи виконання топографо-геодезичних і картографічних робіт, регламентує повноваження суб'єктів у цій сфері, а також встановлює вимоги до створення, оновлення та використання геопросторових даних. Відповідно до закону, геодезична діяльність охоплює формування координатної основи території держави, створення картографічних матеріалів та забезпечення потреб державних кадастрів і геоінформаційних систем.

Важливе місце у системі нормативного регулювання займають також підзаконні акти, державні стандарти, інструкції та методичні рекомендації. Вони деталізують технічні вимоги до виконання геодезичних вимірювань, встановлюють допустимі похибки, визначають порядок проведення польових та камеральних робіт, а також регламентують правила оформлення результатів геодезичної діяльності. Дотримання цих вимог є обов'язковим для всіх суб'єктів господарювання, що працюють у сфері геодезії та картографії.

Окрему роль у забезпеченні якості геодезичних робіт відіграє державний контроль. Відповідно до законодавства, контроль і нагляд у сфері топографо-геодезичної діяльності здійснюють уповноважені органи виконавчої влади,

зокрема у частині перевірки дотримання нормативних вимог, правильності виконання робіт та ведення державної геодезичної мережі. Також передбачено відповідальність за порушення встановлених правил і використання недостовірних геопросторових даних.

Сучасний розвиток нормативної бази тісно пов'язаний із цифровізацією геодезичної діяльності. В Україні активно впроваджуються електронні системи обміну геопросторовими даними, зокрема у сфері містобудування та кадастру. Це забезпечує оперативність передачі інформації, підвищує прозорість процесів та зменшує ризик помилок при обробці геоданих.

Відповідно до вимог нормативних документів, геодезичні роботи повинні виконуватися із застосуванням сертифікованого обладнання та сучасних технологій вимірювання. Особлива увага приділяється точності визначення координат, інтеграції результатів у державні системи координат та збереженню пунктів геодезичної мережі як основи просторової прив'язки.

Окремо слід зазначити, що розвиток технологій лазерного сканування та геоінформаційних систем формує нові вимоги до нормативно-правового регулювання. Використання LiDAR-даних, хмар точок та цифрових моделей місцевості потребує оновлення стандартів щодо їх обробки, зберігання та використання в інженерній практиці. Це сприяє поступовій гармонізації національної нормативної бази із сучасними міжнародними підходами.

Крім законів, важливу роль відіграють інші нормативні документи, які визначають порядок виконання топографо-геодезичних робіт, інженерно-геодезичних вишукувань та створення картографічної продукції. Вони забезпечують єдині методичні підходи до виконання робіт і гарантують відповідність отриманих результатів державним стандартам.

РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА БУЧАНСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ ТА МЕРЕЖІ АЗС

2.1. Географічне положення та просторові особливості громади

Бучанська міська територіальна громада розташована у центральній частині Київської області, у межах Київського регіону України (рис 2.1) [6]. Завдяки близькості до столиці громада входить до складу Київської агломерації та має вигідне транспортно-географічне положення, що суттєво впливає на її соціально-економічний розвиток та інтенсивність просторових процесів. Територія громади виконує як житлово-розселенську, так і рекреаційно-виробничу функцію в структурі регіону.

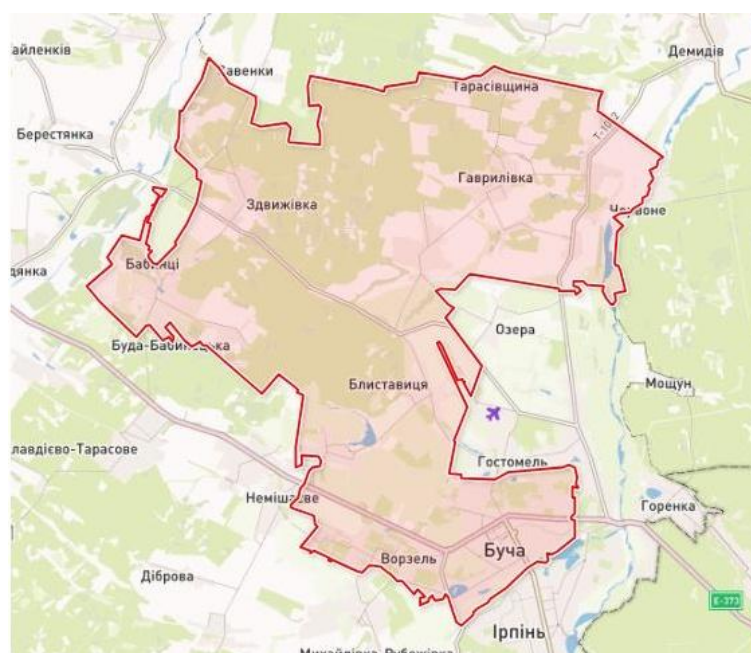


Рис 2.1. Карта розташування Бучанської міської територіальної громади Бучанського району Київської області

Адміністративним центром громади є місто Буча, яке водночас виступає ключовим вузлом управління та концентрації основних адміністративних, освітніх і соціальних функцій. До складу громади входять також місто Ворзель та низка сільських населених пунктів, які формують єдину просторову систему з розвиненими внутрішніми зв'язками.

Площа Бучанської громади становить близько 261,45 км², що забезпечує поєднання різних типів територій — від щільної міської забудови до сільських та природних ландшафтів. Така територіальна структура формує складну просторову організацію, в якій поєднуються житлова, промислова, транспортна та природоохоронна функції. У межах громади функціонують старостинські округи, які забезпечують управління віддаленими населеними пунктами та сприяють більш рівномірному розвитку території.

Громада характеризується високим рівнем урбанізаційних процесів, що зумовлено її розташуванням у зоні впливу міста Києва. Це призводить до активного розвитку житлової забудови, інфраструктури та транспортних коридорів. Водночас у межах території зберігаються значні площі зелених насаджень і природних територій, що формує сприятливі умови для рекреаційної діяльності та підвищує екологічну цінність регіону.

Важливою особливістю просторової організації громади є наявність змішаного типу забудови. У центральній частині переважає міська багатоповерхова та середньоповерхова забудова, тоді як у периферійних зонах зберігається приватна житлова та малоповерхова забудова. Така структура відображає процес поступового розширення міської території та трансформації прилеглих сільських населених пунктів у передміську зону.

Окрему роль у просторовому розвитку громади відіграє транспортна доступність. Розвинена мережа автомобільних доріг забезпечує зв'язок із Києвом та іншими населеними пунктами області, що сприяє маятниковій міграції населення та активному розвитку житлового будівництва. Транспортні коридори також формують основу для розміщення нових об'єктів інфраструктури та інвестиційних проєктів.

Сучасні містобудівні документи, зокрема генеральні плани населених пунктів громади, визначають основні напрями просторового розвитку, зонування територій та перспективи розширення житлової і громадської забудови (рис 2.2). У цих документах передбачено баланс між забудованими

територіями, промисловими зонами та природними ландшафтами, що є важливим для забезпечення сталого розвитку громади [7].

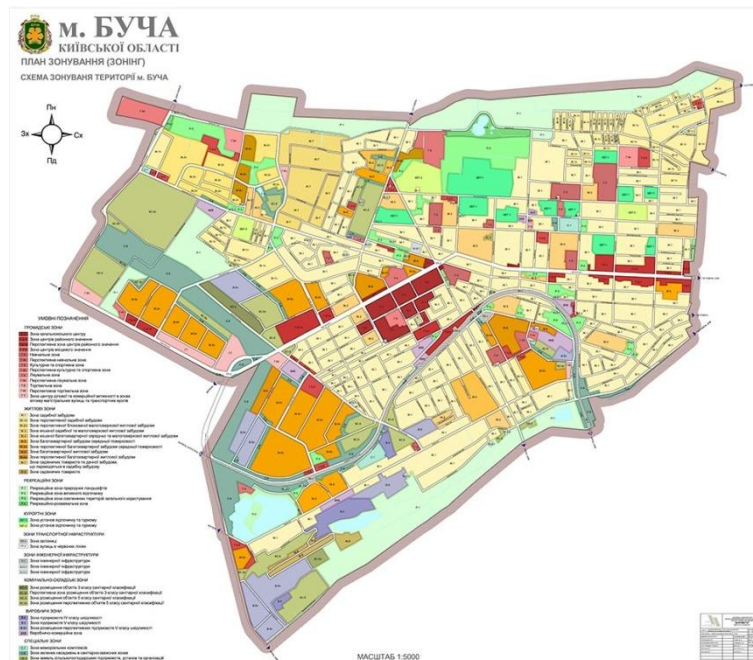


Рис 2.2. Схема зонування території міста Буча

2.2. Соціально-економічна характеристика території

Соціально-економічний розвиток Бучанської міської територіальної громади формується під впливом вигідного географічного положення, високої інвестиційної привабливості та активних процесів урбанізації. Громада є складовою Київської агломерації, що зумовлює тісні економічні, транспортні та соціальні зв'язки зі столицею України. Така інтеграція сприяє розвитку ринку праці, житлового будівництва та сфери послуг [17].

Економічна структура громади є багатогалузевою. Основу місцевої економіки становлять підприємства малого та середнього бізнесу, будівельна галузь, торгівля, логістика та сфера послуг. Значну роль відіграє розвиток житлового будівництва, який підтримується високим попитом на нерухомість у передміській зоні Києва. Окремі підприємства громади забезпечують виробництво будівельних матеріалів, надання комунальних та сервісних послуг, що сприяє формуванню стабільної економічної бази території.

Важливим елементом соціально-економічної системи є бюджет громади, який формується переважно за рахунок податкових надходжень від фізичних осіб-підприємців, підприємств та орендної плати за використання земельних ресурсів. Динаміка бюджетних показників демонструє тенденцію до зростання, що свідчить про поступове зміцнення фінансової спроможності громади та розширення можливостей для реалізації місцевих програм розвитку.

Соціальна сфера громади характеризується розвиненою мережею закладів освіти, охорони здоров'я, культури та соціального захисту. У населених пунктах функціонують загальноосвітні школи, дитячі садки, медичні амбулаторії та центри первинної медико-санітарної допомоги. Значна увага приділяється розвитку соціальних послуг для різних категорій населення, зокрема внутрішньо переміщених осіб, осіб похилого віку та сімей із дітьми.

Ринок праці громади характеризується високим рівнем зайнятості у сфері послуг, будівництві та адміністративному секторі. Водночас значна частина населення здійснює трудову міграцію до міста Києва, що зумовлено близькістю до столиці та високою концентрацією робочих місць.

Інфраструктурний розвиток громади включає розгалужену мережу автомобільних доріг, інженерних комунікацій, систем водопостачання та електропостачання. Наявність транспортної доступності сприяє розвитку підприємництва та залученню інвестицій у житлову та комерційну нерухомість. Крім того, активно реалізуються проекти з модернізації комунальної інфраструктури, що підвищує якість життя населення.

Стратегічні документи розвитку громади визначають пріоритетні напрями соціально-економічної політики, серед яких: підвищення інвестиційної привабливості, розвиток малого та середнього бізнесу, модернізація інфраструктури, покращення якості соціальних послуг та забезпечення сталого розвитку території.

2.3. Аналіз розміщення автозаправних станцій (АЗС)

Розміщення автозаправних станцій є важливим елементом планування транспортної та інженерної інфраструктури населених пунктів. Від правильного вибору місця розташування АЗС залежить безпека населення, ефективність транспортного обслуговування та дотримання екологічних вимог. Тому проектування та експлуатація таких об'єктів здійснюються відповідно до чинних містобудівних норм і правил.

Згідно з нормативними вимогами, розміщення автозаправних станцій у межах населених пунктів допускається лише за умови дотримання встановлених відстаней до житлових будинків, громадських споруд, об'єктів соціальної інфраструктури та інженерних мереж [9]. Особлива увага приділяється використанню сучасного паливного обладнання, зокрема підземних резервуарів, які забезпечують підвищений рівень безпеки та дозволяють оптимізувати санітарно-захисні відстані.

Однією з основних вимог є відповідність розміщення АЗС містобудівній документації. Місця розташування таких об'єктів визначаються генеральними планами населених пунктів, схемами планування територій та детальними планами територій. Це забезпечує узгоджений розвиток транспортної мережі, раціональне використання земельних ресурсів та запобігає виникненню конфліктів між різними функціональними зонами.

Важливим аспектом є класифікація автозаправних станцій за їх потужністю та конструктивними особливостями. Залежно від обсягу резервуарів і пропускної здатності АЗС поділяються на малі, середні та великі. За конструктивним виконанням розрізняють стаціонарні, модульні та контейнерні автозаправні станції. Кожен тип характеризується специфічними вимогами щодо територіального розміщення, організації руху транспорту та забезпечення пожежної безпеки (рис 2.3).

Інженерні мережі і споруди	Відстані, м
1. Залізниця загальної мережі (до підшви насипу або брівки виїмки на перегонах):	
а) неелектрифіковані:	
– на перегонах;	20
– на роз'їздах;	30
– від станцій;	40
б) електрифіковані	Те саме, але не менше півтори висоти опори
2. Залізнична під'їзна колія підприємства	20
3. Залізничні переїзди	Не менше 100
4. Мости, шляхопроводи	Не менше 100
5. ТП, РП, РУ відкриті і закриті	За ПУЕ
6. Маршрути електрифікованого міського транспорту (до контактних проводів):	
– від АЗС типів А і Б;	15, але не менше півтори висоти опори
– від малих АЗС типу В;	25, але не менше півтори висоти опори
– від середніх АЗС типу В	30, але не менше півтори висоти опори
7. Повітряні лінії електропередачі	За ПУЕ, але не менше півтори висоти опори
8. Кабельні лінії електропередачі	За ПУЕ, але не ближче 13 м до вибухонебезпечних установок
9. Лінії зв'язку:	За ПУЕ
– кабельні;	13
– повітряні	Півтори висоти опори
10. Водоводи в сухих ґрунтах:	
– діаметром до 1000 мм;	10
– діаметром понад 1000 мм;	20
– водоводи в мокрих ґрунтах незалежно від діаметра	50
11. Водопровід і напірна каналізація	5
12. Самопливна каналізація	5
13. Теплові мережі:	
– від стінки каналу;	5
– від оболонки безканальної прокладки	5
14. Магістральні газопроводи, продуктопроводи, нафтопроводи	Відповідно до вимог СНиП 2.05.06-85 у залежності від класу і діаметра
Примітка. Відстані від АЗС до инженерних мереж, зазначених у пунктах 11-14, визначають від стінки трубопроводу до фундаментів наземних та стін підземних споруд АЗС.	

Рис 2.3. Нормативна таблиця змінимальними відстанями (охоронними зонами) від автозаправних станцій (АЗС) до инженерних мереж і споруд.

З містобудівної точки зору автозаправні станції доцільно розміщувати вздовж автомобільних доріг загального користування, на виїздах із населених пунктів, а також у межах промислових і комунально-складських зон. Таке розташування сприяє зручному доступу транспортних засобів до паливної інфраструктури та мінімізує негативний вплив на житлову забудову. Розміщення АЗС у районах щільної житлової забудови є небажаним через підвищені вимоги до безпеки та охорони навколишнього середовища.

Окрему увагу під час проєктування приділяють організації транспортних потоків на території автозаправних станцій. Передбачаються безпечні в'їзди та виїзди, смуги розгону і гальмування, а також чітке розмежування зон руху автомобілів та пішоходів. Це дозволяє зменшити ризик виникнення дорожньо-транспортних пригод та підвищити ефективність функціонування об'єкта.

Санітарно-екологічні вимоги є невід’ємною складовою процесу вибору місця для будівництва АЗС. Вони передбачають створення санітарно-захисних зон між автозаправними станціями та житловою забудовою, а також контроль можливого впливу на атмосферне повітря, ґрунти та водні ресурси.

Після проведення аналізу розміщення автозаправних станцій на території Бучанської міської територіальної громади показав, що мережа паливної інфраструктури сформована відповідно до основних транспортних напрямків та особливостей планувальної структури території. Більшість АЗС розташована вздовж автомобільних доріг із високою інтенсивністю руху, що забезпечує зручний доступ як для місцевих жителів, так і для транзитного транспорту (рис 2.4).

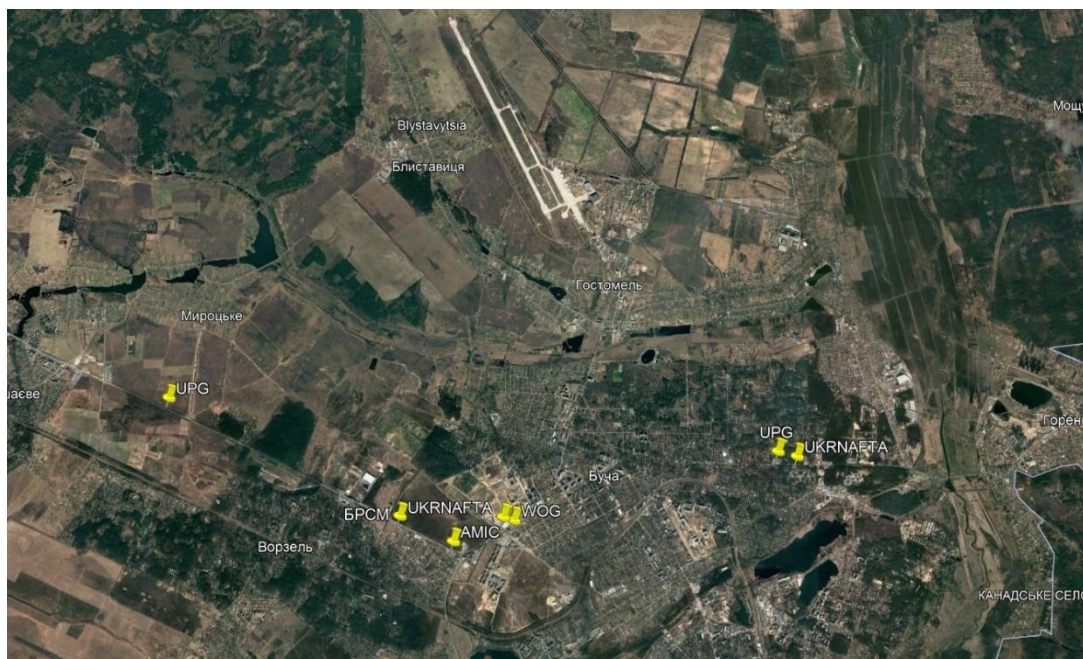


Рис 2.4. Розміщення АЗС на території Бучанської міської територіальної громади Бучанського району Київської області

На території громади функціонують автозаправні станції різних операторів, серед яких UPG, WOG, AMIC, БPCM та UKRNASFTA. Їх просторове розташування характеризується відносно рівномірним територіальним розподілом, що сприяє ефективному забезпеченню населення паливними ресурсами та запобігає надмірній концентрації об’єктів в окремих частинах громади. Найбільша кількість АЗС зосереджена поблизу основних

транспортних вузлів і магістралей, де спостерігається найбільший попит на паливні послуги.

РОЗДІЛ 3. ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ АЗС

3.1. Планування польових робіт та вибір обладнання

Планування польових геодезичних робіт є ключовим етапом у процесі лазерного сканування автозаправних станцій, оскільки саме на цій стадії визначаються умови виконання зйомки, необхідна точність результатів, склад обладнання та організація робіт на місцевості. Ефективність подальшої камеральної обробки безпосередньо залежить від якості підготовчих рішень, зокрема правильного вибору методики сканування та технічних засобів.

На етапі планування виконується попередній аналіз об'єкта дослідження, визначаються його просторові характеристики, ступінь забудови, наявність інженерних споруд та можливі перешкоди для виконання вимірювань. Особлива увага приділяється забезпеченню достатньої кількості станцій сканування для повного покриття території без «сліпих зон» [11]. Також враховується доступність території, можливість встановлення приладів та умови безпеки під час проведення робіт.

Вибір обладнання для лазерного сканування безпосередньо залежить від поставлених завдань, необхідного рівня деталізації та масштабу досліджуваного об'єкта. Для отримання високоточних тривимірних моделей АЗС, як правило, застосовуються наземні лазерні сканери, які забезпечують високу щільність хмари точок та дозволяють детально фіксувати геометрію будівель, резервуарів і технологічного обладнання. У випадках, коли необхідно охопити більші території або складні просторові структури, можуть додатково використовуватися мобільні або безпілотні сканувальні системи [16].

Вибір обладнання для лазерного сканування здійснюється з урахуванням поставлених завдань, характеристик об'єкта та необхідної точності отриманих даних. Для виконання детальних вимірювань використовують високоточні сканери, які забезпечують щільну хмару точок і дозволяють відтворити складні елементи інфраструктури. У випадках, коли потрібно охопити значну

територію або отримати загальну модель місцевості, застосовують обладнання з більшою дальністю дії та швидкістю сканування. Крім того, рівень деталізації безпосередньо впливає на кількість сканувальних позицій та тривалість польових робіт.

Важливим обмежуючим фактором при виконанні лазерного сканування є природне середовище, зокрема наявність рослинного покриву. Сканування територій, вкритих густою рослинністю, є менш ефективним, оскільки рослинність частково або повністю перекриває поверхню землі та об'єкти інфраструктури (рис 3.1). У результаті це ускладнює отримання точних даних про рельєф та інженерні споруди, що розташовані під кронами дерев або високою трав'яною рослинністю. У таких умовах може знадобитися збільшення кількості сканувальних станцій або використання додаткових методів збору даних.



Рис 3.1. Приклад сканування рослинності

Під час підготовки польових робіт також визначається схема розміщення сканувальних станцій. Вона повинна забезпечувати оптимальне перекриття зон сканування, мінімізацію тіньових зон та рівномірний розподіл щільності точок. Зазвичай станції розміщуються таким чином, щоб кожна частина об'єкта була зафіксована щонайменше з двох позицій, що дозволяє підвищити точність подальшої реєстрації хмар точок.

Окремо враховується необхідність геодезичного обґрунтування робіт. Для цього використовуються опорні та контрольні точки, координати яких визначаються за допомогою GNSS-приймачів або традиційних геодезичних методів. Це забезпечує прив'язку результатів сканування до єдиної системи координат і дозволяє інтегрувати отримані дані у геоінформаційні системи.

3.2. Проведення лазерного сканування та збір даних

Безпосереднє виконання лазерного сканування автозаправних станцій є ключовим етапом отримання просторової інформації, який визначає точність та повноту подальшої геоінформаційної обробки. У процесі польових робіт здійснюється фіксація геометрії об'єкта у вигляді хмари точок, що формується шляхом вимірювання відстаней до поверхонь за допомогою лазерного випромінювання. Отримані дані містять тривимірні координати точок, а також можуть включати додаткову інформацію про інтенсивність відбитого сигналу та колірні характеристики об'єктів [13].

Наземне лазерне сканування належить до сучасних високоточних методів геодезичних вимірювань і забезпечує швидке отримання великої кількості просторових даних. Перевагою технології є можливість безконтактного обстеження об'єктів складної конфігурації з високою деталізацією. За короткий проміжок часу сканер здатний зафіксувати мільйони точок, що дозволяє максимально точно відобразити реальну геометрію споруд та елементів інфраструктури [25].

Перед початком сканування виконується рекогностування території та розробляється схема розташування сканувальних станцій. Під час планування визначаються оптимальні точки встановлення обладнання з урахуванням особливостей забудови, наявності перешкод та необхідності забезпечення достатнього перекриття між окремими сканами. Грамотне розташування станцій дозволяє забезпечити повне охоплення території дослідження [14].

Для забезпечення коректної просторової прив'язки використовується державна або умовна система координат, у яку надалі трансформуються всі

результати вимірювань. Геодезична прив'язка є необхідною умовою інтеграції результатів сканування з іншими просторовими даними та подальшого використання їх у геоінформаційних системах і цифрових моделях місцевості [15].

Важливим елементом процесу є використання геодезичних марок, які слугують опорними точками для реєстрації та суміщення окремих сканувальних станцій. Такі марки встановлюються в зоні видимості з декількох позицій сканування та мають точно визначені координати. Завдяки цьому забезпечується висока точність суміщення хмар точок, а також мінімізуються похибки при подальшій обробці даних. Використання мішеней значно підвищує надійність реєстрації сканів та дозволяє контролювати точність створеної просторової моделі.

Для просторової прив'язки сканування широко застосовуються GNSS-технології, зокрема RTK (Real-Time Kinematic) системи. Використання RTK дозволяє отримувати координати опорних точок у режимі реального часу з сантиметровою точністю. Це особливо важливо під час виконання інженерно-геодезичних робіт на об'єктах підвищеної відповідальності, де необхідно забезпечити високу точність визначення положення споруд та окремих конструктивних елементів. Дані, отримані за допомогою GNSS-приймачів, використовуються для геодезичної прив'язки сканувальних станцій і створення єдиної координатної основи проєкту.

У процесі сканування виконується послідовне обстеження всіх елементів автозаправної станції, включаючи адміністративні будівлі, паливороздавальні колонки, резервуари, навіси, дорожнє покриття, інженерні мережі та прилеглу територію. Кожна сканувальна позиція формує окремий фрагмент хмари точок, який містить детальну інформацію про геометрію об'єктів у межах зони видимості приладу. Для отримання повної моделі об'єкта виконується перекриття сканувальних зон з різних точок стояння обладнання.

Під час проведення вимірювань важливу роль відіграють технічні характеристики лазерного сканера. До основних параметрів належать дальність

вимірювання, швидкість сканування, кутове поле огляду та точність визначення координат. Від правильного вибору параметрів сканування залежить якість майбутньої хмари точок і рівень деталізації цифрової моделі.

Особливу увагу приділяють умовам навколишнього середовища під час виконання польових робіт. Наявність інтенсивного транспортного руху, сторонніх об'єктів, атмосферних опадів або значних перепадів освітлення може негативно впливати на якість отриманих даних. Саме тому сканування часто проводиться в періоди мінімального навантаження об'єкта, коли кількість рухомих перешкод є найменшою. Це дозволяє отримати більш чисту та структуровану хмару точок.

Після завершення польових вимірювань здійснюється первинна камеральна обробка отриманих даних. На цьому етапі виконується очищення хмари точок від випадкових шумів, видалення зайвих або некоректно зафіксованих вимірів, а також фільтрація даних для підвищення їхньої якості. За необхідності проводиться попередня класифікація точок за типами об'єктів, що значно спрощує подальше моделювання та аналіз.

Одним із найважливіших етапів камеральної обробки є реєстрація сканів, тобто об'єднання окремих хмар точок у єдину просторову систему. Реєстрація може виконуватися за допомогою геодезичних мішеней, координат опорних пунктів або автоматичних алгоритмів пошуку однакових ділянок поверхні. Якість реєстрації безпосередньо впливає на точність кінцевої цифрової моделі об'єкта.

Після завершення первинної обробки виконується перевірка якості даних, яка включає контроль повноти покриття території, правильності суміщення окремих сканів та оцінку точності отриманої хмари точок. За необхідності можуть виконуватися додаткові вимірювання для усунення прогалин у моделі та підвищення точності результатів.

3.3. Інтеграція результатів у геоінформаційну систему

Після завершення польового етапу лазерного сканування та первинної камеральної обробки наступним важливим кроком є інтеграція отриманих даних у геоінформаційну систему (ГІС). Цей процес передбачає перетворення хмари точок у структурований просторовий набір даних, який може бути використаний для аналізу, моделювання та прийняття інженерних рішень.

Сучасні ГІС-платформи дозволяють працювати з великими масивами 3D-даних, забезпечуючи їх візуалізацію, класифікацію та просторову аналітику.

Однією з ключових особливостей інтеграції є приведення всіх результатів сканування до єдиної системи координат. Це дозволяє поєднувати дані, отримані з різних сканувальних станцій, РТК-вимірювань та опорних геодезичних пунктів у єдину просторову модель. Коректна геоприв'язка є критично важливою, оскільки саме вона забезпечує точність подальшого аналізу та відповідність реальним умовам місцевості.

Імпорт хмари точок у ГІС здійснюється через спеціалізовані формати даних (LAS, LAZ, E57), які підтримуються сучасними програмними комплексами [4]. Після завантаження даних виконується їх первинна візуалізація та перевірка якості просторового покриття. На цьому етапі важливо оцінити щільність точок, наявність пропусків та коректність суміщення окремих сканів. Подальшим етапом є класифікація хмари точок, яка дозволяє розділити об'єкти за їх просторовими та функціональними характеристиками. Зазвичай виділяються такі групи, як будівлі, дорожнє покриття, інженерні споруди, рослинність та інші елементи рельєфу. Такий підхід значно спрощує подальше моделювання автозаправної станції та аналіз її просторової структури [24].

Важливим напрямом інтеграції є побудова цифрових моделей місцевості (DTM) та цифрових моделей поверхні (DSM) на основі обробленої хмари точок. Ці моделі дозволяють отримати точне уявлення про рельєф території, розташування об'єктів та їх взаємне просторове співвідношення. У випадку автозаправних станцій це дає змогу детально аналізувати планувальну структуру ділянки, ухили поверхні та організацію транспортних потоків.

У сучасних ГІС також реалізується можливість тривимірної візуалізації даних, що дозволяє створювати цифрові 3D-моделі АЗС. Такі моделі можуть використовуватися для проєктування реконструкцій, оцінки безпеки розміщення об'єктів, а також для інженерного аналізу існуючої інфраструктури. Крім того, інтеграція з ГІС дає змогу накладати на модель додаткові шари інформації, включаючи кадастрові дані, топографічні карти та інженерні мережі.

Особливу роль у процесі інтеграції відіграє сумісність різних типів геоданих. Сучасні підходи передбачають об'єднання результатів лазерного сканування з даними GNSS-спостережень, матеріалами аерофотозйомки та безпілотних літальних апаратів. Така інтеграція дозволяє створювати більш точні та інформативні просторові моделі, що відповідають принципам комплексного геоінформаційного аналізу.

Під час інтеграції результатів лазерного сканування до геоінформаційної системи важливим завданням є забезпечення ефективного зберігання та обробки великих обсягів просторових даних. Сучасні ГІС використовують спеціалізовані бази геоданих, які дозволяють організувати хмари точок, цифрові моделі рельєфу та векторні об'єкти в єдиному інформаційному середовищі [2]. Це забезпечує швидкий доступ до даних, їх оновлення та подальше використання в інженерних, кадастрових і містобудівних проєктах.

Важливим аспектом є автоматизована фільтрація та сегментація хмар точок. За допомогою сучасних алгоритмів обробки виконується відокремлення точок земної поверхні від точок, що належать будівлям, транспортним спорудам, рослинності та іншим об'єктам. Автоматична класифікація значно скорочує час обробки даних і підвищує точність створення цифрових моделей місцевості.

На основі класифікованої хмари точок створюються цифрові моделі рельєфу (DTM) та цифрові моделі поверхні (DSM). DTM відображає безпосередньо земну поверхню без урахування забудови та рослинності, тоді як DSM містить інформацію про всі об'єкти, розташовані на території. Порівняння

цих моделей дає можливість визначати висотні характеристики споруд, аналізувати забудову та контролювати зміни території в часі.

Для підвищення точності просторових моделей широко застосовується інтеграція даних наземного лазерного сканування з матеріалами аерофотознімання, супутниковими знімками та результатами зйомок безпілотними літальними апаратами. Поєднання різних джерел інформації дозволяє отримати більш повне уявлення про територію дослідження, усунути можливі прогалини в даних та підвищити достовірність кінцевих результатів.

Сучасні геоінформаційні системи забезпечують можливість виконання складного просторового аналізу на основі інтегрованих даних. Зокрема, можуть проводитися розрахунки площ і об'ємів об'єктів, аналіз видимості, оцінка транспортної доступності, моделювання поверхневого стоку та інші види інженерних розрахунків. Для автозаправних станцій такі можливості є особливо важливими під час проєктування, реконструкції та експлуатації об'єктів.

Окремої уваги заслуговує використання веборієнтованих геоінформаційних систем (Web-GIS), які дозволяють забезпечити віддалений доступ до просторових даних через мережу Інтернет. Завдяки цьому результати лазерного сканування можуть використовуватися одночасно різними фахівцями — геодезистами, проєктувальниками, архітекторами та представниками органів місцевого самоврядування. Такі рішення сприяють підвищенню ефективності управління просторовими даними та забезпечують оперативний обмін інформацією між усіма учасниками проєкту.

У результаті інтеграції формується єдина геоінформаційна база даних, яка містить структуровану інформацію про об'єкт дослідження. Вона може використовуватися для подальшого просторового аналізу, моделювання сценаріїв розвитку території та підтримки управлінських рішень у сфері містобудування та інженерного проєктування. Для автозаправних станцій така база даних стає основою цифрової моделі об'єкта, що забезпечує високу

точність аналізу, ефективність управління інфраструктурою та можливість прогнозування подальшого розвитку території.

3.4. Побудова цифрових моделей об'єктів

Побудова цифрових моделей є завершальним етапом обробки даних лазерного сканування та передбачає перетворення хмари точок у структуровану тривимірну модель реального об'єкта. У випадку автозаправних станцій така модель дозволяє отримати точне геометричне представлення будівель, технологічного обладнання, дорожнього покриття та прилеглої території, що є основою для подальшого інженерного аналізу, моніторингу та проєктування.

Процес створення цифрової моделі базується на обробці великого масиву просторових даних, отриманих під час лазерного сканування. Хмара точок містить координати поверхні об'єкта в тривимірному просторі, однак у первинному вигляді вона є неструктурованою та потребує подальшої інтерпретації. Тому одним із ключових етапів є сегментація та класифікація точок за типами об'єктів, що дозволяє виділити окремі елементи моделі та сформувати логічну структуру майбутнього цифрового середовища.

Подальше моделювання передбачає побудову поверхонь або полігональних структур, які описують геометрію об'єкта. У сучасній практиці застосовуються різні підходи до реконструкції 3D-моделей, зокрема триангуляція, побудова TIN-мереж та формування полігональних сіток. Вибір методу залежить від щільності хмари точок, складності об'єкта та необхідного рівня деталізації. Для інженерних споруд важливим є досягнення оптимального співвідношення між точністю моделі та швидкістю її обробки.

Особливу увагу приділяють точності відтворення геометрії. Якість 3D-моделі безпосередньо залежить від щільності сканування, точності геодезичного забезпечення та коректності просторової прив'язки даних. Під час побудови цифрової моделі важливо забезпечити узгодженість між окремими фрагментами хмари точок, отриманими з різних станцій сканування. Навіть

незначні похибки суміщення можуть призвести до спотворення геометричних характеристик об'єкта та зниження достовірності результатів аналізу.

Важливою перевагою технології наземного лазерного сканування є можливість створення високодеталізованих цифрових моделей складних інженерних споруд і архітектурних об'єктів. Як показують сучасні дослідження, лазерне сканування забезпечує отримання мільйонів просторових вимірів за короткий проміжок часу, що дозволяє максимально точно відтворити форму та просторове положення об'єктів. Саме тому ця технологія широко використовується не лише в інженерній геодезії, а й під час документування пам'яток архітектури, промислових комплексів та об'єктів критичної інфраструктури.

У результаті обробки формується цифрова 3D-модель об'єкта, яка може бути представлена у вигляді поверхневих або твердотільних структур (рис 3.2.). Поверхневі моделі відображають зовнішню геометрію об'єкта, тоді як твердотільні моделі дозволяють проводити більш детальні інженерні розрахунки, включаючи визначення об'ємів, аналіз конструктивних елементів та дослідження просторових взаємозв'язків між окремими компонентами споруди [10].

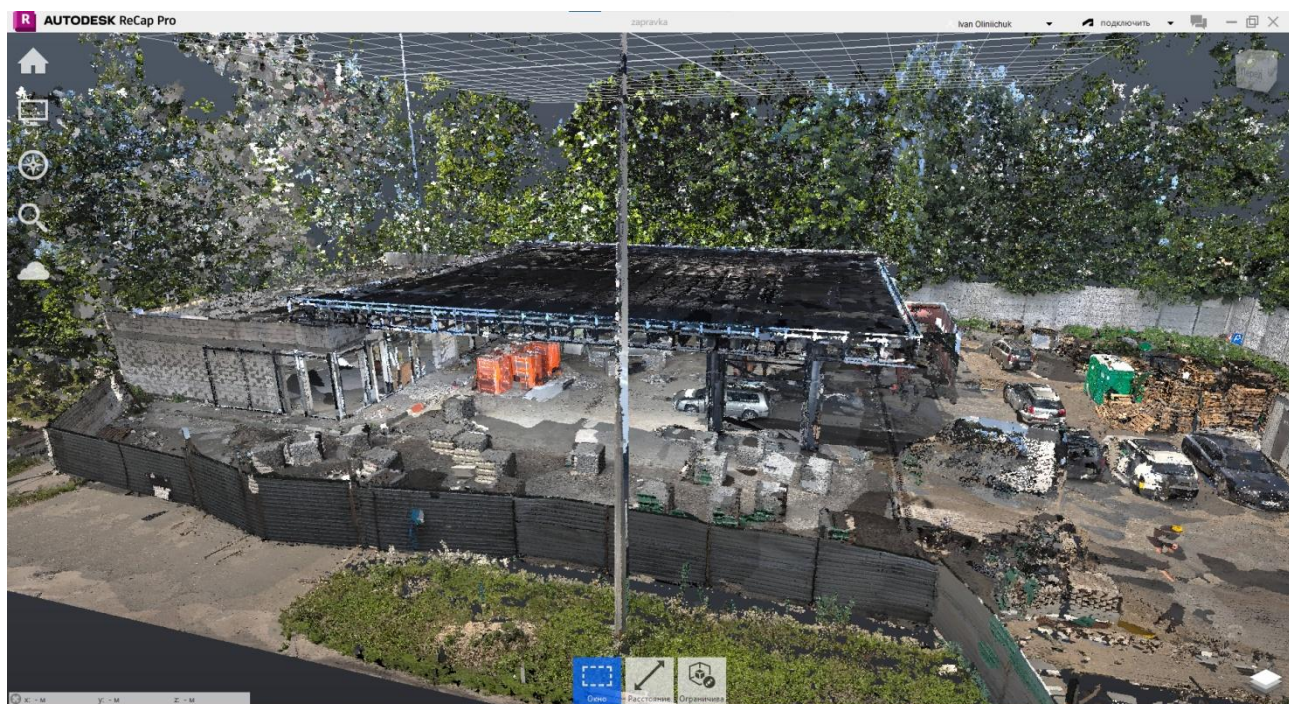


Рис 3.2. 3D-модель АЗС

Для підвищення інформативності цифрової моделі можуть використовуватися додаткові атрибутивні дані, такі як матеріали поверхонь, функціональне призначення об'єктів, технічні характеристики обладнання або результати інженерних обстежень. У такому випадку цифрова модель перетворюється на комплексну інформаційну систему, яка поєднує геометричні та семантичні характеристики об'єкта.

Сучасні підходи до цифрового моделювання передбачають інтеграцію лазерного сканування з технологіями автоматизованого проєктування (CAD), інформаційного моделювання будівель (BIM) та геоінформаційними системами. Це дозволяє створювати єдине цифрове середовище, у якому просторові дані використовуються на всіх етапах життєвого циклу об'єкта — від проєктування до експлуатації та реконструкції. [23]

Особливого значення набуває автоматизація процесу створення моделей. Сучасне програмне забезпечення дозволяє застосовувати напіваавтоматичні та автоматичні алгоритми розпізнавання геометричних елементів, які на основі хмари точок формують базові конструктивні об'єкти: стіни, покрівлі, колони, резервуари, дорожні покриття та інші елементи інфраструктури. Використання таких технологій значно скорочує трудомісткість камеральних робіт і підвищує продуктивність обробки даних.

Окремим напрямом застосування цифрових моделей є проведення експертних та моніторингових досліджень. Тривимірні моделі дозволяють виконувати контроль деформацій споруд, визначати геометричні відхилення конструкцій від проєктного положення, здійснювати аналіз технічного стану об'єктів та документувати результати обстежень. Завдяки високій точності лазерного сканування такі моделі можуть використовуватися як доказова база під час проведення інженерно-технічних та будівельно-технічних експертиз.

Важливим напрямом є також використання цифрових моделей у середовищі геоінформаційних систем. Інтегровані 3D-моделі АЗС можуть бути використані для просторового аналізу, оцінки безпеки розміщення об'єктів, моделювання транспортних потоків, аналізу інженерних мереж та планування

реконструкцій. Це забезпечує перехід від статичного представлення об'єкта до динамічної інформаційної моделі, яка може постійно оновлюватися та використовуватися для підтримки управлінських рішень.

ВИСНОВКИ

У ході виконання бакалаврської роботи було досліджено особливості геоінформаційного забезпечення процесу лазерного сканування автозаправних станцій, а також можливості застосування сучасних ГІС-технологій для створення детальних цифрових моделей об'єктів інженерної інфраструктури. Отримані результати підтвердили, що поєднання наземного лазерного сканування з геоінформаційними системами є дієвим інструментом для збору, обробки та подальшого аналізу просторових даних.

Під час роботи були розглянуті теоретичні основи лазерного сканування, принципи функціонування сканерів, формування хмар точок, а також основні сфери застосування цієї технології в геодезії, землеустрої та містобудуванні. Окремо увага приділялась питанням точності вимірювань, геодезичної прив'язки результатів та використанню програмного забезпечення для опрацювання отриманих даних.

У межах дослідження також проаналізовано територію Бучанської міської територіальної громади та особливості розміщення автозаправних станцій. Встановлено, що мережа АЗС загалом сформована логічно — переважно вздовж основних транспортних магістралей і вузлів, що забезпечує зручність обслуговування як місцевого населення, так і транзитного транспорту.

Окремо розглянуто етапи підготовки польових робіт та підбір обладнання для виконання лазерного сканування. Виявлено, що якість результатів значною мірою залежить від правильного планування сканувальних станцій, умов забудови та використання сучасного високоточного обладнання.

Також проаналізовано сам процес виконання лазерного сканування та отримання просторових даних. Встановлено, що дана технологія дозволяє швидко отримувати великі масиви точної інформації у вигляді хмар точок, які детально відображають реальну геометрію об'єктів інфраструктури.

Після завершення польових робіт розглянуто етап камеральної обробки результатів. Він включає очищення даних від шумів, об'єднання сканів у єдину

систему координат, перевірку точності та підготовку матеріалів для подальшого використання в ГІС.

Окрему увагу приділено інтеграції результатів лазерного сканування у геоінформаційне середовище. Використання ГІС дає змогу ефективно працювати з великими обсягами просторових даних, створювати цифрові моделі місцевості, виконувати класифікацію об'єктів та проводити просторовий аналіз. Поєднання різних джерел даних (GNSS, аерознімання та ін.) додатково підвищує точність і повноту моделей.

У підсумку встановлено, що лазерне сканування є одним із найбільш ефективних методів отримання просторової інформації для моделювання автозаправних станцій. Отримані результати можуть застосовуватись у проєктуванні, реконструкції, моніторингу технічного стану об'єктів та в управлінні містобудівними процесами.

Водночас слід зазначити, що на якість даних можуть впливати зовнішні фактори — щільна забудова, рослинність, погодні умови чи рух транспорту, які іноді ускладнюють фіксацію окремих елементів. Тому важливим є ретельне планування польових робіт і контроль якості на всіх етапах.

У процесі виконання бакалаврської роботи було закріплено теоретичні знання та набуті практичні навички у сфері лазерного сканування, ГІС-технологій та обробки просторових даних. Отримані результати мають практичну цінність і можуть бути використані для подальших інженерно-геодезичних та містобудівних досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14#Text> (дата звернення: 03.06.2026).
2. Geographic Information Systems Explained: Definition, Functions, and Applications. *Bvarta*. URL: <https://bvarta.com/geographic-information-systems-explained-definition-functions-and-applications/> (дата звернення: 03.06.2026).
3. Що таке лазерне сканування? - УкрГеоКарт. *Геодезія і землеустрій Дніпро - УкрГеоКарт*. URL: <https://ukrgeokart.com.ua/uk/statti/shho-take-lazerne-skanuvannya/> (дата звернення: 03.06.2026).
4. Laser Scanning and the different types of Laser Scanners | BIMEX Engineers. *BIMEX Engineers*. URL: <https://bimexeng.com/blog/technology/laser-scanning-and-the-different-types-of-laser-scanners> (дата звернення: 03.06.2026).
5. Understanding the Different Types of Laser Scanners | FOXTECH ROBOT. *Foxtech Robot | Professional Surveying Equipment Manufacturers and Suppliers Since 2014*. URL: <https://www.foxtechrobotics.com/a-news-understanding-the-different-types-of-laser-scanners.html> (дата звернення: 03.06.2026).
6. Учасники проєктів Вікімедіа. Бучанська міська громада – Вікіпедія. *Вікіпедія*. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Бучанська_міська_громада (дата звернення: 03.06.2026).
7. Офіційний сайт Бучанської міської ради. URL: https://bucha-rada.gov.ua/sites/default/files/osnovni_polozhennya.pdf (дата звернення: 03.06.2026).
8. CoPre: Advanced LiDAR Processing Software | CHCNAV. *Geospatial*. URL: <https://geospatial.chcnave.com/products/chcnave-CoPre> (дата звернення: 03.06.2026).
9. ДБН Б.2.2-12:2019 "Планування і забудова територій" №ДБН Б.2.2-12:2019. *Портал Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва*. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3260441209981634046 (дата звернення: 03.06.2026).
10. Тривимірна лазерна візуалізація. *ELAr KhNURE:: Головна*. URL: <https://openarchive.nure.ua/entities/publication/cb11773b-ebac-4d43-a4c1-533daf013a16> (дата звернення: 03.06.2026).
11. Технології лазерного сканування. *Dspace Repository :: Репозитарій УжНУ :: Головна*. URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/items/6ec7fd7e-5c9f-41b3-aa67-5b9a2c6c5717> (дата звернення: 03.06.2026).
12. Класифікація та основні характеристики наземних 3D-сканерів. *Dspace Repository :: Home*. URL: <https://ena.lpnu.ua/items/5acdb54d-e60c-4207-8dc5-0da8ff1dfc35> (дата звернення: 03.06.2026).

13. Національний університет «Київський авіаційний інститут». URL: [https://nau.edu.ua/site/variables/news/2018/5/Тези%202018/18-Землеустрій%20та%20кадастр%20\(ІЕБ\).pdf](https://nau.edu.ua/site/variables/news/2018/5/Тези%202018/18-Землеустрій%20та%20кадастр%20(ІЕБ).pdf) (дата звернення: 03.06.2026).
14. Geodetic laser scanning. *PHYSICS TODAY*. URL: <https://physicstoday.aip.org/features/geodetic-laser-scanning> (date of access: 03.06.2026).
15. *ETH Zürich - Homepage | ETH Zürich*. URL: https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/baug/igp/igp-dam/documents/PhD_Theses/96.pdf (дата звернення: 03.06.2026).
16. Перегляд РОЗРОБКА КОНЦЕПТУАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ЗБОРУ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ РЕГІОНАЛЬНИХ АЕРОПОРТІВ МЕТОДАМИ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ГІС. Містобудування та територіальне планування. URL: <https://mtp.knuba.edu.ua/article/view/220725/220346> (дата звернення: 03.06.2026).
17. Соціально-економічний розвиток | Офіційний сайт Бучанської міської ради. Офіційний сайт Бучанської міської ради. URL: <https://www.buchara.gov.ua/socio-economic-development> (дата звернення: 03.06.2026).
18. Застосування 3D сканера. *3d.royal.co.ua - інтернет-магазин 3D принтерів, аксесуарів та матеріалів для 3D друку*. URL: <https://3d.royal.co.ua/news/zastosuvannya-3d-skanera> (дата звернення: 03.06.2026).
19. Застосування лазерного сканера для збору даних на об'єкти різних розмірів | Наукові журнали та конференції. *Academic Journals and Conferences* |. URL: <https://science.lpnu.ua/uk/istcgcap/vsi-vypusky/vypusk-68-2007/zastosuvannya-lazernogo-skanera-dlya-zboru-danyh-na-obyekty> (дата звернення: 03.06.2026).
20. Лазерні сканери для наземних зйомок. *StudFiles*. URL: <https://studfile.net/preview/9193413/page:12/> (дата звернення: 03.06.2026).
21. ДОСЛІДНИЦЬКІ МЕТОДИ ТА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ГЕОДЕЗІЇ О.М. Beketov NUUEKh Digital Repository. URL: <https://eprints.kname.edu.ua/62772/1/Касьянов,%202015Л,%202022,%20pdf.pdf> (дата звернення: 03.06.2026).
22. Проф., д-р Петро Когут. Lidar або Radar: Як Обрати Пристрій для Збору Даних. *EOS Data Analytics*. URL: <https://eos.com/uk/blog/lidar-ta-radar/> (дата звернення: 03.06.2026).
23. Лазерне сканування та BIM модель | 3D Scan. *3D Scan*. URL: <https://3dscan.com.ua/uk/portfolio/skanirovanie-vhodnoj-gruppy-chastnogo-zdaniya/> (дата звернення: 03.06.2026).
24. Аналіз технологічних процесів для опрацювання результатів наземного лазерного сканування. *DSpace Repository :: Home*. URL: <https://ena.lpnu.ua/bitstreams/4094c73e-acde-414a-8a1b-736487c0d2e7/download> (дата звернення: 03.06.2026).

25. Дослідження точності хмари точок методом наземного лазерного сканування | Наукові журнали та конференції. *Academic Journals and Conferences* |. URL: <https://science.lpnu.ua/uk/istcgcap/vsi-vypusky/volume-90-2019/doslidzhennya-tochnosti-hmary-tochok-metodom-nazemnogo-lazernogo> (дата звернення: 03.06.2026).