

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

ПОГОДЖЕНО

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Декан факультету/Директор ННІ

**Завідувач кафедри
геодезії та картографії**

_____ **Олександр ШЕВЧЕНКО**

_____ **Тарас ЄВСІЮКОВ**

«_____» _____ **2026 р.**

«_____» _____ **2026 р.**

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Інженерно-геодезичні вишукування для капітального ремонту та реконструкції дорожньої інфраструктури в с. Білогородка Бучанського району Київської області»

Спеціальність – 193 «Геодезія та землеустрій»

Гарант освітньої програми

«Геодезія та землеустрій»,

д. е. н., професор

(науковий ступінь та вчене звання)

_____ **Андрій МАРТИН**

(підпис)

Керівник бакалаврської

кваліфікаційної роботи,

к.с.н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

_____ **Олексій ЖУК**

(підпис)

Виконав

Михайло ІСАЄВ

(підпис)

Київ-2026

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

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Завідувач кафедри
геодезії і картографії
д.е.н., проф. _____ Тарас ЄВСЮКОВ
“ _____ ” _____ 2025р.

З А В Д А Н Н Я

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Ісасву Михайлу Івановичу

Спеціальність 193 «Геодезія та землеустрій»

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи:

«Інженерно-геодезичні вишукування для капітального ремонту та реконструкції дорожньої інфраструктури в с. Білогородка Бучанського району Київської області» затверджена наказом ректора НУБіП України від «27» листопада 2025р. №2899 «С»

Термін подання завершеної роботи (проекту) на кафедру 02 червня 2026 р.

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи:

- Технічне завдання на виконання інженерно-геодезичних вишукувань.

Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Аналіз нормативно-правової бази та вихідних даних для виконання геодезичних вишукувань.
2. Фізико-географічна та соціально-економічна характеристика об'єкта дослідження.
3. Створення знімального обґрунтування та виконання польових геодезичних

робіт.

4. Камеральне опрацювання результатів з використанням сучасного програмного забезпечення.
5. Оцінка точності отриманих даних та формування звітної документації.

Дата видачі завдання «10» грудня 2025р.

**Керівник бакалаврської
кваліфікаційної роботи**

Олексій ЖУК

**Завдання прийняв
до виконання**

Михайло ІСАЄВ

ЗМІСТ

Реферат	7
Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів.....	10
Вступ.....	12
1 Теоретичні основи виконання польових геодезичних робіт.....	13
1.1 Нормативно правове забезпечення виконання геодезичних робіт для потреб ремонту та реконструкції доріг в межах населених пунктів	13
1.2 Склад та етапи інженерно-геодезичних робіт для потреб капітального ремонту та реконструкції доріг.	15
1.3 Сучасні прилади та методи збору просторових даних.	17
Висновки до розділу 1	21
2 Фізико-географічна та соціально-економічна характеристика району робіт	22
2.1 Загальна характеристика об'єкту виконання робіт	22
2.2 Стан та перспективи розвитку дорожньої інфраструктури Бучанського району.....	24
2.3 Топографо-геодезична вивченість району виконання робіт	26
Висновки до розділу 2	29
3 Інженерно-геодезичні вишукування на об'єкті та їх камеральне опрацювання	30
3.1 Методи, технологія і черговість виконання робіт	30
3.2 Камеральне опрацювання польових робіт. Склад звітних матеріалів.	34
3.3 Технічний контроль та порядок приймання виконаних робіт	38
Висновки до розділу 3	41
Висновки	42
Список використаних джерел	44
Додатки.....	48

	6
Додаток А	49
Декларація здобувача	50

РЕФЕРАТ

У кваліфікаційній роботі виконано комплекс інженерно-геодезичних вишукувань для капітального ремонту та реконструкції дорожньої інфраструктури на прикладі перехрестя з круговим рухом на перетині вулиць Володимирська та Олександра Саєнка в с. Білогородка Бучанського району Київської області.

Об'єктом дослідження є територія площею 3,86 га, що належить до III категорії складності інженерно-геодезичних умов та CC2 класу наслідків. Предметом дослідження є сучасні технології, методи та інструменти топографо-геодезичних робіт при проєктуванні об'єктів дорожнього будівництва.

У роботі проаналізовано нормативно-правову базу, виконано польові геодезичні роботи з використанням GNSS-приймача Alpha-GEO NetBox2 у режимі RTK, роботизованого тахеометра GeoMax Zoom 80 та мобільного лазерного сканера FJDynamics Trion P2 з технологією SLAM. Створено знімальне обґрунтування з 10 реперів у системі СК-63 (третя зона) та Балтійській системі висот 1977 року. Здійснено комбіноване топографічне знімання масштабу 1:500 з перерізом рельєфу 0,5 м, обробку хмари точок та побудову цифрової моделі місцевості і топографічного плану в програмних середовищах FJD Trion Model, Autodesk ReCap та AutoCAD. Виконано технічний контроль, погодження інженерних комунікацій з експлуатуючими службами та реєстрацію матеріалів у ЄДЕССБ. Досягнуто точності визначення координат до 2 см.

Результати роботи створюють якісну геопросторову підоснову для розроблення робочого проєкту реконструкції дорожньої інфраструктури з урахуванням вимог безпеки руху.

Обсяг та структура роботи. Кваліфікаційна робота викладена на 50 сторінках, містить 14 рисунків, 1 таблицю, 1 додаток та список використаних джерел з 37 найменувань.

Ключові слова: ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНІ ВИШУКУВАННЯ, КАПІТАЛЬНИЙ РЕМОНТ ДОРОГ, РЕКОНСТРУКЦІЯ ДОРОЖНЬОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ, GNSS RTK, SLAM-СКАНУВАННЯ, ТОПОГРАФІЧНИЙ ПЛАН МАСШТАБУ 1:500, ЦИФРОВА МОДЕЛЬ МІСЦЕВОСТІ, ЗНІМАЛЬНЕ ОБІРУНТУВАННЯ, БІЛОГОРОДКА, ЄДЕССБ, ВІЗІЯ ZERO, СК-63.

The qualification work presents a comprehensive set of engineering-geodetic surveys for the capital repair and reconstruction of road infrastructure, using the example of a roundabout intersection at the crossing of Volodymyrska and Oleksandra Saenka streets in the village of Bilohorodka, Bucha district, Kyiv region.

The object of research is a 3.86 ha area classified as Category III complexity of engineering-geodetic conditions and CC2 class of consequences. The subject of research includes modern technologies, methods, and instruments for topographic-geodetic works in road construction design.

The work analyzes the regulatory framework and performs field geodetic surveys using the Alpha-GEO NetBox2 GNSS receiver in RTK mode, the GeoMax Zoom 80 robotic total station, and the FJDynamics Trion P2 mobile laser scanner with SLAM technology. A survey control network consisting of 10 benchmarks was established in the CS-63 coordinate system (Zone 3) and the Baltic height system of 1977. Combined topographic surveying at a scale of 1:500 with a 0.5 m contour interval was carried out, followed by point cloud processing and the creation of a digital terrain model and topographic plan using FJD Trion Model, Autodesk ReCap, and AutoCAD software. Technical control, coordination of engineering networks with utility companies, and registration of materials in the Unified State Electronic System in Construction (ЄДЕССБ) were performed. Coordinate accuracy of up to 2 cm was achieved.

The results provide a high-quality geospatial base for developing a detailed design project for road infrastructure reconstruction in compliance with road safety requirements.

Volume and structure of the work. The qualification work consists of 50 pages, contains 14 figures, 1 table, 1 appendix, and a list of 37 references.

Keywords: ENGINEERING-GEODETIC SURVEYS, CAPITAL ROAD REPAIR, ROAD INFRASTRUCTURE RECONSTRUCTION, GNSS RTK, SLAM SCANNING, TOPOGRAPHIC PLAN SCALE 1:500, DIGITAL TERRAIN MODEL, SURVEY CONTROL NETWORK, BILOHORODKA, YEDESSB, VISION ZERO, CS-63.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

GNSS – Global Navigation Satellite System (глобальна навігаційна супутникова система)

RTK – Real Time Kinematic (позиціонування в режимі реального часу)

SLAM – Simultaneous Localization and Mapping (одночасна локалізація та картографування)

IMU – Inertial Measurement Unit (інерціальна вимірювальна система / технологія компенсації нахилу)

LIDAR – Light Detection and Ranging (технологія лазерного сканування)

PDOP – Position Dilution of Precision (показник розведення точності позиціонування)

TIN – Triangulated Irregular Network (триангуляційна нерегулярна мережа / TIN-модель)

BIM – Building Information Modeling (інформаційне моделювання будівель / споруд)

ДБН – Державні будівельні норми

ДГМ – Державна геодезична мережа України

СК-63 – система плоских прямокутних координат у картографічній проекції Гаусса-Крюгера (розроблена у 1963 році)

УСК-2000 – Державна геодезична референсна система координат України 2000 року

ЄДЕССБ – Єдина державна електронна система у сфері будівництва

ВКАД – Велика кільцева автомобільна дорога (навколо Києва)

РЕБ – радіоелектронна боротьба

ПЗ – програмне забезпечення

РП – репер (опорний геодезичний пункт / реперний пункт)

CC2 – клас наслідків (CC2)

III категорія – третя категорія складності інженерно-геодезичних умов

га – гектар

м – метр

см – сантиметр

мм – міліметр

°C – градус Цельсія

% – відсоток

1:500 – масштаб топографічного плану

0,5 м – переріз рельєфу (висота перерізу горизонталей)

Alpha-GEO NetBox2 – двочастотний багатосистемний GNSS-приймач з технологією IMU

GeoMax Zoom 80 R1”A10 – роботизований електронний тахеометр

FJDynamics Trion P2 – мобільний лазерний сканер з технологією SLAM та вбудованою/зовнішньою камерою Insta360

AutoCAD (з MenuGeo) – програмний комплекс для побудови цифрової моделі місцевості та топографічного плану

Autodesk ReCap – програмне забезпечення для обробки та форматування хмар точок (.rcp)

Digitals – програмне забезпечення для геодезичних та землевпорядних робіт

3Dsurvey – програмне забезпечення для обробки даних

FJD Trion Model – програмне забезпечення для прив’язки та фільтрації хмари точок SLAM-сканера

X-Pad – програмне забезпечення для контролера тахеометра

Vision Zero – концепція зведення до мінімуму смертності на дорогах

ВСТУП

Актуальність бакалаврської кваліфікаційної роботи обумовлена швидким розвитком приміської зони міста Київ, зокрема села Білогородка Бучанського району, яке є одним із найбільших та стрімко зростаючих населених пунктів Київської області. Населення зростає, з'являються новобудови та цілі жилі масиви, внаслідок чого зростає навантаження на дорожню інфраструктуру, яка потребує негайної модернізації. Капітальний ремонт і реконструкція в умовах щільної забудови та розгалужених підземних комунікацій вимагає високої точності геодезичних даних, оскільки будь-які похибки можуть призвести до фінансових втрат та інших проблем. Використання інноваційних технологій, таких як мобільне лазерне сканування з технологією SLAM та створення високоточних цифрових моделей місцевості, дозволяє прискорити та покращити процес реконструкції.

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є розробка й обґрунтування комплексу інженерно-геодезичних вишукувань, що необхідні для проектування капітального ремонту та реконструкції об'єктів дорожньої інфраструктури в селі Білогородка. Для досягнення мети поставлено низку завдань, серед яких аналіз вихідних даних та нормативної бази, характеристика об'єкта з урахуванням фізико-географічного розташування, а також безпосереднє дослідження порядку виконання геодезичних робіт на об'єкті.

Об'єктом дослідження виступає дорога, придорожня зона та перехрестя з облаштуванням кругового руху вулиць Володимирська та Саєнка в селі Білогородка Бучанського району Київської області загальною площею в 3,86га. Предметом дослідження є технології, методи та інструменти виконання топографо-геодезичних робіт при вишукуваннях для дорожнього будівництва.

Практична цінність роботи полягає у тому, що отримані результати створюють надійну геопросторову підоснову для проектування дорожньої інфраструктури.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИКОНАННЯ ПОЛЬОВИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

1.1 Нормативно правове забезпечення виконання геодезичних робіт для потреб ремонту та реконструкції доріг в межах населених пунктів

Нормативно-правове забезпечення геодезичних робіт для реконструкції дорожніх інфраструктур базується на законодавчих актах. Фундаментальним є Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність»[1], який встановлює вимоги до створення геодезичних мереж та просторових даних. Оскільки проєкт зачіпає інфраструктуру в населеному пункті, вишукування регулюються ще й Законом України «Про регулювання містобудівної діяльності» [2] та Законом України «Про автомобільні дороги»[3]. Ці закони визначають обов'язковість проведення геодезичних вишукувань перед проєктуванням капітального ремонту, а також необхідність врахування існуючих меж смуг відведення, червоних ліній та охоронних зон.

Технічне регулювання процесу вишукувань здійснюється відповідно до ДБН А.2.1-1-2014 «Інженерні вишукування для будівництва», який регламентує обсяги, технологію робіт та необхідність створення цифрової моделі місцевості.[4]

Проєктування кругового руху та відповідне інструментальне забезпечення мають відповідати вимогам ДБН В.2.3-5:2018 «Вулиці та дороги населених пунктів», що нормалізує геометричні параметри вулиць, пішохідних зон та поворотів. [5]

Інші принципи проєктування дорожнього покриття регулюються ДБН В.2.3-4:2015 «Автомобільні дороги» з актуальними змінами. [6]

Виконання польових та камеральних геодезичних робіт регламентується новим Порядком топографічної зйомки у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 від 17.04.2025 року.

Цей документ замінив застарілі інструкції та формує сучасні вимоги до знімання в масштабі 1:500, яке є обов'язковим для проєктування об'єктів такого типу. Порядок дозволяє використання тахеометрів, GNSS-приймачів та мобільних лазерних сканерів, встановлюючи допуски точності визначення координат точок в умовах забудови.[7]

Окремим важливим блоком є земельне законодавство, зокрема Земельний кодекс України [8] та Закон України «Про землеустрій»[9]. Оскільки розширення дорожнього полотна та його перебудова може виходити за межі існуючих меж, геодезичні роботи тісно пов'язані з необхідністю чіткого визначення меж смуг відведення автомобільних доріг.

Під час виконання робіт фахівці зобов'язані врахувати існуючі межі суміжних земельних ділянок приватної та комунальної власності, інформацію про які можна знайти в реєстрі Державного земельного кадастру. Це дозволить уникнути накладок та порушень майнових прав під час подальшої роботи з проєктування та будівництва.[9]

Просторова інтеграція нової дорожньої інфраструктури в існуючий населений пункт додатково спирається на норми ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій». Згідно з цим документом при виконанні вишукувань необхідно максимально точно зафіксувати червоні лінії вулиць та відстані до існуючої забудови, а також межі охоронних зон різних інженерних комунікацій. Це встановлює певні обмеження для проєктувальників, дозволяючи м'яко вписати нову проїзну частину та засоби заспокоєння руху в містобудівні обмеження без порушень норм. [10]

Оскільки головною метою реконструкції є підвищення безпеки та оптимізація трафіку, вишукування мають враховувати Закон України «Про дорожній рух». Він встановлює пріоритет безпеки життя та здоров'я учасників руху, що вимагає від геодезиста обов'язкової фіксації існуючих елементів організації дорожнього руху, таких як знаки, існуючі засоби заспокоєння руху та всілякі перешкоди спокійного руху. [11]

Крім того, при роботі над об'єктом враховується Закон України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних». Відповідно до нього, створені цифрові топографічні плани та тривимірні моделі мають бути придатними для інтеграції до місцевих містобудівних кадастрів та єдиної геоінформаційної системи, що забезпечує прозорість планування. [12]

1.2 Склад та етапи інженерно-геодезичних робіт для потреб капітального ремонту та реконструкції доріг.

Комплекс інженерно-геодезичних вишукувань для капітального ремонту дорожньої інфраструктури являє собою чітку послідовність дій, спрямованих на отримання достовірних даних про рельєф і ситуацію місцевості.

Відповідно до нормативних вимог, всі роботи поділяються на три етапи: підготовчий, польовий та камеральний. Кожен з етапів є невід'ємною частиною процесу створення геопросторової підоснови для подальшого проектування транспортних розв'язок, водовідведення та засобів заспокоєння руху в межах населених пунктів. [13]

Підготовчий етап розпочинається з отримання технічного завдання на виконання робіт від замовника та збору необхідних вихідних матеріалів щодо об'єкту дослідження. На цій стадії проводиться аналіз існуючих топографічних планів, матеріалів попередніх вишукувань, а також відомостей про наявність підземних та наземних інженерних комунікацій у зоні майбутньої зйомки. Важливим кроком є рекогносцировка місцевості, під час якої візуально оцінюються умови робіт, інтенсивність дорожнього руху та визначаються оптимальні місця для закладення пунктів планово-висотної знімальної основи так, щоб забезпечити їхнє рівномірне простягання вздовж усього об'єкту. [7]

Окремим важливим складником, що супроводжує польові вишукування є просторовий аналіз ситуації. Оскільки реконструкція передбачає зміну геометрії проїзної частини, склад робіт з кадастрових зйомок обов'язково включає

геодезичне встановлення меж земельних ділянок та погодження цих меж з суміжними власника та користувачами. [9]

Польовий етап є найбільш трудомістким і включає безпосереднє виконання вимірювань на об'єкті за допомогою різних приладів та методів. Роботи розпочинаються зі створення знімального обґрунтування за допомогою супутникових GNSS спостережень у режимі Real Time Kinematic та надійного закріплення точок на місцевості, наприклад металевими дюбелями в існуюче тверде покриття.

Наступним кроком виконується детальне топографічне знімання масштабом 1:500 з перерізом рельєфу 0,5 метра, що забезпечує необхідну точність та охоплює проїзну частину, тротуари, елементи благоустрою та інші важливі об'єкти.

Для досягнення максимальної деталізації в умовах щільної забудови використовується метод лазерного сканування SLAM, що вдало комбінується з зйомкою GNSS-приймачем та тахеометром. Сканування дозволяє швидко отримати високоточну хмару точок всього об'єкта.

Специфічним перехідним етапом між польовими та камеральними роботами є юридичне погодження повноти нанесення інженерних мереж. Зібрані в полі дані про підземні комунікації наносяться на попередній ескіз плану, який треба погодити з усіма експлуатуючими службами району. [7]

Камеральний етап завершує геодезичні роботи і полягає в опрацюванні результатів вимірювань та створенні кінцевої звітної документації. На цій стадії відбувається класифікація та фільтрація отриманої хмари точок, а також побудова цифрової моделі місцевості та топографічного плану масштабу 1:500 за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення (AutoCAD, Digital, ReCap, 3Dsurvey) (Рис 1).

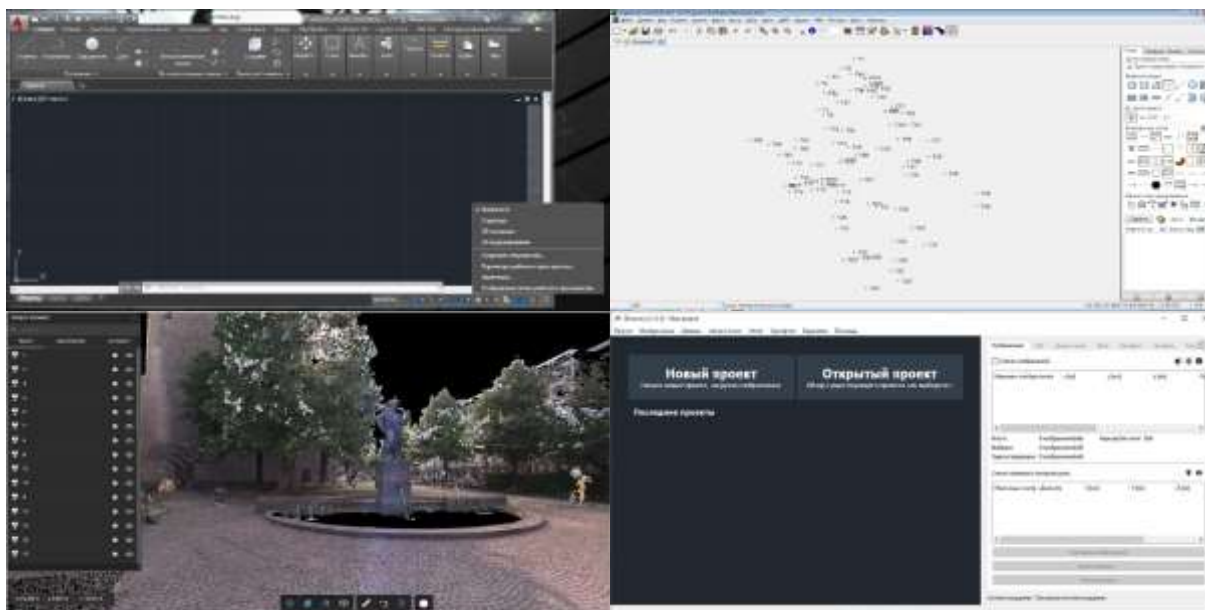


Рис 1 Інтерфейси програмних забезпечень AutoCAD, Digital, ReCap, 3Dsurvey

Кінцевим результатом камерального опрацювання є формування технічного звіту та створення актуального топографічного плану об'єкта, який передається проєктній організації як основа для розробки робочого проєкту капітального ремонту чи реконструкції дороги.

1.3 Сучасні прилади та методи збору просторових даних.

В умовах щільної забудови та інтенсивного трафіку, доцільно використовувати не лише загальноприйняті інструменти, як тахеометр чи GNSS-приймач, а й мобільне лазерне сканування. Такий підхід дозволяє отримати не лише необхідну точність, а й оптимізує часові витрати на польові

роботи, дозволяючи отримувати масиви просторових даних за лічені хвилини.[7]

Для створення планово-висотної основи та прив'язки до державної геодезичної мережі застосовуються сучасні двочастотні багатосистемні GNSS-



приймачі, зокрема Alpha-GEO NetBox2 чи Alpha-GEO L100 (Рис 2)

Рис 2 GNSS-приймач Alpha-GEO NetBox2 та Alpha-GEO L100 (дата звернення 30.03.2026)

Ці прилади оснащені інерціальною системою «IMU», яка компенсує кут нахилу віхи до 120° та не піддається впливу магнітних полів, що випромінюють лінії електропередач.

Вбудований літій-іонний акумулятор ємністю 6800 мАг дозволяє безперервно працювати протягом 14 годин, що економить час геодезиста, адже немає необхідності впродовж робочого дня підзаряджати чи замінити акумулятори.

Корпус виготовлений з надійного сплаву, що дозволяє приладу витримувати падіння на бетон з 2 метрів, що забезпечує безпечну роботу приладу навіть в умовах щільної забудови.

Оскільки NetBox2 та L100 являють собою багатосистемні приймачі, то вони мають змогу розпізнавати та обробляти сигнали всіх основних супутникових навігаційних систем, зокрема Galileo, GPS, Beidou та навіть ГЛОНАСС. [14]

Використання приймача в RTK режимі з отриманням поправок від мережі базових станцій System Solutions чи Kyivstar через мобільний інтернет контролера дозволяє отримувати точність визначення координат точок до двох сантиметрів у планово-висотній мережі.

Деякі ділянки об'єкту знімання мають перешкоди для простого знімання GNSS-приймачем, через обмежену видимість супутників чи роботу РЕБ-випромінювачів. У таких випадках використовується електронний тахеометр, а на досліджуваному об'єкті використовувався саме роботизований електронний тахеометр GeoMax Zoom 80 R1''A10, який забезпечує кутову точність в 1



секунду та можливість вимірювання точок без відбивача на значній відстані (Рис 3).

Рис 3 Роботизований електронний тахеометр GeoMax Zoom 80 R1''A10

Завдяки технології автоматичного пошуку та відстеження призми цей прилад значно полегшує роботу, мінімізуючи людський фактор і пришвидшуючи наведення на призму.

Має вбудований змінний акумулятор, потужностей якого вистачає на вісім годин безперервної роботи.

Наявний великий запас внутрішньої пам'яті, але також дозволяє керувати ним за допомогою контролера та ПЗ X-Rad, що надає можливість проводити знімання і зберігання усіх точок на самому контролері. [15]

Передовою технологією збору геодезичної інформації для потреб дорожнього будівництва є технологія SLAM, яке реалізовується за допомогою



новітніх лазерних сканерів, таких як FJDynamics Trion P2 (Рис 4).

Рис 4 Мобільний лазерний сканер FJDynamics Trion P2

Цей метод дозволяє на протязі 40 хвилин до заміни акумулятора безперервно знімати та візуалізовувати тривимірну хмару точок усього навколишнього середовища під час руху геодезиста, без необхідності встановлення приладу на штатив.

Здатний знімати до 200000 точок в секунду повністю на 360 градусів навколо себе. Дальність знімання точок за найгіршої відбивної здатності поверхні становить 40 метрів, що дозволяє без перешкод знімати усі необхідні об'єкти, включаючи дорожнє покриття, кабелі ліній електропередач та навіть об'єкти до яких фізично неможливо дістати приймачем чи зняти тахеометром.

Має вбудовану та зовнішню камеру Insta360, що дає можливість отримувати кольоризовану хмару, а також повний відеозапис усього об'єкту. Зовнішня камера здатна робити зйомку на 360 градусів з великою роздільною здатністю, що дозволяє побачити навіть найменші деталі.

У комплекті має декілька змінних батарей, що дозволяє не переривати роботу на підзарядку акумуляторів. [16]

Сканер дозволяє отримати достатню для цього виду робіт точність в один-два сантиметра і в поєднанні з даними тахеометричного та GNSS знімання дає змогу створити деталізовану та достовірну цифрову модель місцевості та план масштабу 1:500.

Опрацьовані матеріали слугують ідеальною підосною для подальшого розрахунку обсягів земельних робіт і проєктування дорожньої інфраструктури.

Висновки до розділу 1

Виконання геодезичних вишукувань для реконструкції доріг базується на відповідності чинному законодавству та нормативам України, зокрема законам «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» , «Про регулювання містобудівної діяльності» та списку профільних ДБН-ів.

Одним із головних пунктів є врахування вимог земельного законодавства для дотримання майнових прав, а також впровадження цих даних у національну інфраструктуру геопросторових даних.

Технологічний процес вишукувань складається з трьох основних етапів: підготовчого, польового та камерального. Для забезпечення необхідної точності плану застосовується комплексний підхід, що поєднує:

- використання GNSS-приймачів для топографічного знімання та створення планово-висотної основи
- застосування електронних тахеометрів для знімання у важкодоступних місцях та об'єктів з високою кутовою точністю
- впровадження технології LIDAR, а саме мобільних лазерних сканерів з технологією SLAM, що дозволяє отримувати високоточні хмари точок цілого об'єкту

Результатом такого комплексу робіт є створення високоточного топографічного плану та цифрової моделі місцевості, що в майбутньому послужить під час роботи проєктантів та будівельників на об'єкті.

2 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ТА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ РОБІТ

2.1 Загальна характеристика об'єкту виконання робіт

Об'єкт дослідження розташований у селі Білогородка, яке входить до складу Бучанського району та знаходиться у центрально-західній частині Київської області і є одним із найбільших населених пунктів приміської зони



столиці (Рис 5). [17]

Рис 5 Адміністративні межі села Білогородка Бучанського району Київської області

Історія розвитку інфраструктури цього поселення має глибоке коріння, адже сучасна Білогородка частково розташована на місці літописного міста Білгород, заснованого ще в 991 році князем Володимиром Великим як форпост на річці Ірпінь.

Протягом століть дорожня мережа села формувалася переважно для потреб сільськогосподарської діяльності та локального сполучення. Таким дорогам притаманна вузька проїзна частина та мінімальна кількість інженерних комунікацій. [18]

Проте в останні десятиліття відбулась значна трансформація населеного пункту: поява масштабних житлових комплексів та активна забудова перетворили Білогородку на стрімко зростаючий населений пункт. Це призвело до того, що старі сільські вулиці, не розраховані на велику навантаженість, перетворилися на місця з інтенсивним автомобільним трафіком і проблемою «пробок».

У вирішенні цих проблем не допомогло і перевлаштування перехрестя на кільцевий рух, тож було прийняте рішення про кардинальну реконструкцію дорожньої інфраструктури у найбільш навантажених місцях.

Безпосереднім об'єктом геодезичних робіт виступають ділянки вулиць Володимирська та Олександра Саєнка, де передбачається капітальний ремонт з влаштуванням інженерних засобів заспокоєння руху, а також комплексна



реконструкція перехрестя з облаштування кругової розв'язки (Рис 6)

Рис 6 Ділянки вулиць Володимирська та Олександра Саєнка

Вулиця Володимирська історично є однією з головних транспортних артерій Білогородки, як нині приймає на себе значну частку потоку як місцевих мешканців, так і транзитного транспорту. Загальна площа території, що підлягала інженерно-геодезичним вишукуванням для потреб подальшого проєктування, становить приблизно 3,86 гектара.

Враховуючи усі фактори, а саме високу щільність забудови, постійний автомобільний трафік та високу густоту підземних мереж, досліджену територію можна віднести до III категорії складності інженерно-геодезичних умов та СС2 класу наслідків, зазначених у ДБН А.2.1-1-2014 «Інженерні вишукування для будівництва». [4]

У фізико-географічному відношенні територія об'єкта характеризується рівнинним рельєфом з незначними мікроухилами, що потребує ретельного висотного знімання покриття доріг для правильного розрахунку та проєктування систем водовідведення.

Клімат регіону помірно континентальний, із теплим літом і легкою зимою. Середньомісячні температури січня $-3,5^{\circ}\text{C}$, липня $+20,5^{\circ}\text{C}$.

Середньорічна кількість опадів — 649 мм, максимум опадів припадає на липень (88 мм), мінімум — на жовтень (35 мм).

Взимку в Києві утворюється сніговий покрив, середня висота покриву в лютому 20 см, максимальна — 44 см.

Середньорічна загальна хмарність — 6,4 бала, максимум припадає на грудень (8,2), мінімум — на серпень (4,8).

Середня вологість повітря — від 64 % (травень) до 85 % (листопад).[19]

2.2 Стан та перспективи розвитку дорожньої інфраструктури Бучанського району.

Сучасний стан дорожньої інфраструктури Бучанського району характеризується високою інстинктивністю руху та стратегічним значенням,

оскільки через неї проходять ключові міжнародні та національні транспортні шляхи такі як магістралі М-06 Київ-Чоп та М-07 Київ-Ковель-Ягодин.

Як один із найбільш густонаселених Київської області, Бучанський регіон виступає основним логістичним вузлом, що з'єднує столицю з західними областями України та Європою.

Проте існуюча мережа місцевих доріг не відповідає сучасним вимогам щодо пропускної здатності та безпеки, особливо в умовах стрімкої субурбанізації та появи нових великих житлових масивів у таких населених пунктах, як Білогородка. Постійне зростання приватного та комунального транспорту призводить до швидкого зносу дорожнього покриття, виникнення заторів та підвищення аварійності на ділянках, що не пристосовані до такого транспортного навантаження.[20]

Вагомим фактором, що вплинув на стан доріг району, стали наслідки повномасштабного вторгнення та активних бойових дій у 2022 році, під час яких значна частина дорожньої інфраструктури зазнала суттєвих руйнувань.

Поточний етап розвитку проходить за принципом «Build Back Better», що передбачає повну модернізацію з урахуванням сучасних стандартів міцності та якості. Державне агентство відновлення та розвитку інфраструктури України спільно з міжнародними партнерами розробляє низку проєктів щодо капітального ремонту дорожніх сполучень через річку Ірпінь та під'їздних шляхів до столиці. В результаті ситуація має покращитись та стабілізувати логістичні ланцюги та забезпечити безперешкодний рух по всіх автошляхах. [21]

Поточний стан дорожнього покриття на перехресті вулиць Володимирська та Олександра Саєнка характеризується значним зношенням, наявністю колійності та локальними руйнуваннями асфальту, що виникли внаслідок постійного руху великовагового транспорту. Крім того, наявні пішохідні зони та тротуари не відповідають сучасним вимогам безпеки.

Перспективи розвитку дорожньої мережі Бучанського району тісно пов'язані з реалізацією проєкту Великої кільцевої автомобільної дороги навколо

Києва (ВКАД), яка має суттєво розвантажити вулиці населених пунктів, зокрема і Білогородку.

Стратегічні плани розвитку громад району передбачають впровадження концепції Vision Zero, що полягає у зведенні до мінімуму смертності на дорогах через впровадження новітніх інженерних рішень. Одним з елементів цієї стратегії є заміна звичайних перехресть на розв'язки з круговим рухом, що дозволить знизити швидкість транспортного потоку без встановлення додаткових світлофорів. [20]

Важливим аспектом розвитку також є і цифровізація управління дорожніх мереж та впровадження інтелектуальних транспортних систем. Базою для проектування «розумних доріг» слугують високоточні цифрові моделі місцевості, що допомагають планувати та моніторити стан покриття та трафік.

Технологія SLAM, що використовувалась у Білогородці цілком підпадає під цей напрямок розвитку, адже допомагає швидко і якісно отримувати дані для подальшого створення BIM-моделей дорожньої інфраструктури. [22]

2.3 Топографо-геодезична вивченість району виконання робіт

Топографо-геодезична вивченість території Бучанського району та села Білогородка має тривалу історію формування і характеризується високим ступенем деталізації, що зумовлено стратегічним розташуванням у приміській зоні столиці.

Історично базовою картографічною основою для цієї місцевості слугували військові топографічні карти масштабу 1:10000 та 1:100000, які регулярно оновлювали відповідно до змін контурів сільськогосподарських угідь



та меж населених пунктів (Рис 7). [23]

Рис 7 Карта генштабу 1:100000 на 1992 рік

Геоморфологічно Білогородка знаходиться на межі Придніпровської височини та Київського Полісся з перепадами висот до 40 метрів, що вимагає від геодезистів особливої уваги до знімання рельєфу в цих місцях.

З початком субурбанізації та масованої індивідуальної забудови виникла гостра потреба у великомасштабних планах.

На сьогоднішній день більша частина забудованої території села покрита топографічними зніманнями масштабів 1:2000 та 1:500, які виконувалися різними організаціями для потреб проєктування мереж, газифікації, відведенні земельних ділянок, тощо. Проте, ці матеріали потребують постійної актуалізації через швидкі зміни та розбудову території. [24]

Незважаючи на те, що первинна щільність пунктів ДГМ 1-3 класів у Київській області була достатньо високою, сучасний стан більшості наземних знаків є незадовільним.

Значна кількість знищена чи переміщена і вже не відповідає потрібній точності, деякі тепер знаходяться в надто недоступних місцях, щоб з ними можна було взаємодіяти. Через це традиційна прив'язка ходами від пунктів ДГМ зараз є економічно недоцільною та складною.

Цю проблему вирішує застосування GNSS технологій та перманентних базових станцій, які забезпечують міліметрову точність без необхідності пошуку фізичних реперів у полі.[1]

Для забезпечення високої точності вишукувань безпосередньо на об'єкті реконструкції застосовувалися дані української мережі перманентних базових станцій «System.NET», оператором якої є спільне швейцарсько-українське акціонерне товариство «Систем Солюшнс» та «Kyivstar». Ці мережі мають щільне покриття по всій території України і надають послуги диференційної RTK-корекції в режимі реального часу.

Використання підключення до серверів цих операторів через мобільний інтернет контролеру дозволило швидко визначити координати знімального обґрунтування та закладених реперів у державній системі, нівелюючи проблему відсутності фізично збережених пунктів старої ДГМ. [24]

Безпосередньо геодезична вивченість території об'єкта потребувала повного оновлення, оскільки існуючі архівні плани не відображали реального стану ситуації, підземних мереж та пошкоджень покриття.

У ході виконання робіт було створено нове знімальне обґрунтування, що складається з 10 реперів, які були надійно закріплені на місцевості металевими дюбелями та акцентовані світловідбивною фарбою.

Вся математична обробка та просторова прив'язка здійснювалася в системі координат СК-63 (третя зона), оснований на системі УСК-2000 та Балтійській системі висот 1977 року, що є стандартом для ведення містобудівного кадастру в цьому регіоні.

У результаті об'єкт площею 3,86 га отримав повне покриття актуальним топографічним зніманням масштабу 1:500 із перерізом рельєфу 0,5м, а також детальною тривимірною хмарою точок.

Досліджувана ділянка гарно забезпечена кадастровими даними. Білогородка характеризується надзвичайно високим відсотком сформованих земельних ділянок приватної власності, що межують із землями загального користування. Дані Національної інфраструктури геопросторових даних та Державного земельного кадастру містять точні межі цих ділянок. [25]

Після завершення камерального етапу геодезичних вишукувань ці кадастрові дані обов'язково накладаються на оновлений топографічний план, що дозволяє чітко визначити «червоні лінії» вулиць та уникати проблем з накладанням на територію приватних ділянок. [26]

Висновки до розділу 2

Село Білогородка Бучанського району Київської області стрімко перейшло з аграрного передмістя столиці на зростаючий населений пункт, що призвело до критичного навантаження на існуючу дорожню мережу.

Об'єкт дослідження загальною площею 3,86 га за фактором щільності забудови та насиченості підземними мережами належить до III категорії складності інженерно-геодезичних умов.

Фізико-географічні та кліматичні умови району є типовими для Київщини, проте вимагають особливо точного висотного знімання для проєктування систем водовідведення в умовах рівнинного рельєфу з ухилами.

Сучасний стан дорожньої інфраструктури району погіршився внаслідок бойових дій 2022 року, що зумовило необхідність модернізації та впровадження різних технологічних концепцій для ремонту та реконструкції.

Проведений аналіз місцевості підтвердив, що існуюча система геодезичних пунктів потребує оновлення супутниковими методами GNSS через незадовільний стан більшості пунктів ДГМ.

Використання мереж перманентних базових станцій дозволило закласти нове знімальне обґрунтування з 10 реперів у системі координат СК-63 (3) та Балтійській системі висот 1977 року.

Отримана цифрова модель місцевості та топографічний план створюють необхідну юридичну та технічну базу для подальшого проєктування.

3 ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНІ ВИШУКУВАННЯ НА ОБ'ЄКТІ ТА ЇХ КАМЕРАЛЬНЕ ОПРАЦЮВАННЯ

3.1 Методи, технологія і черговість виконання робіт

Виконання геодезичних вишукувань для потреб капітального ремонту та реконструкції перехрестя в селі Білогородка здійснювалося у чіткій технологічній послідовності, регламентованій чинними нормативними документами. Весь комплекс робіт умовно поділявся на підготовчий, польовий та камеральний етапи.

Підготовчий етап розпочався з аналізу технічного завдання від Білогородської сільської ради та збору архівних картографічних матеріалів. На цій ж стадії було проведення рекогносцирування місцевості, під час якого було візуально оцінено інтенсивність дорожнього руху та видимість у різних куточках об'єкту для закладення пунктів планово-висотної основи.

Також на цьому етапі здійснювалося попереднє погодження наявності підземних інженерних комунікацій з експлуатуючими службами Бучанського району. [4]

Польовий етап почався зі створення знімального обґрунтування, оскільки відсутність пунктів ДГМ унеможливлювала традиційну прив'язку. На місцевості було закладено 10 реперів у вигляді металевих цвях-дюбелів діаметром 10мм, як для особистого використання під час вишукувань, так і для



подальшого використання при роботі над проєктом реконструкції (Рис 8).

Рис 8 Закладений пункт РП1 у вигляді металевого цвях-дюбеля додатково покритого світловідбивною фарбою

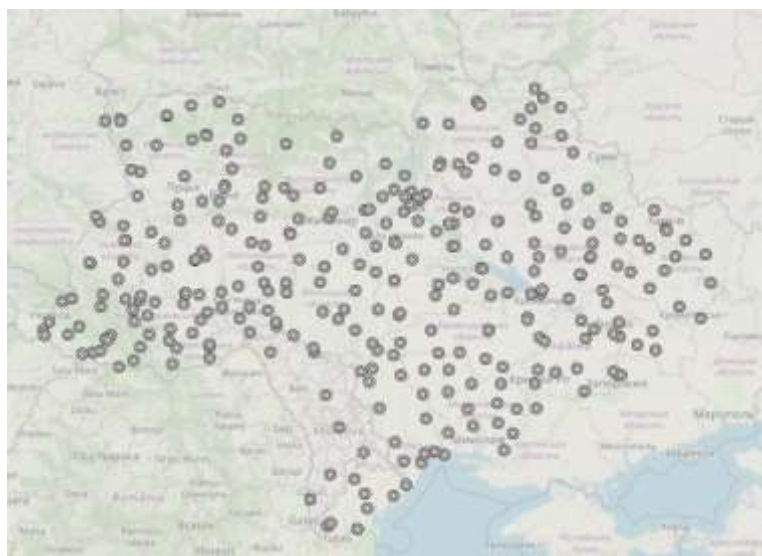
Використання мультисистемних спостережень дозволило досягти потрібної точності в робочій системі координат СК-63 (3 зона) та Балтійській системі висот 1977 року. Координати цих пунктів визначалися за допомогою двочастотного GNSS-приймача Alpha-GEO NetBox2 у RTK режимі.(Таблица 1).

Таблица 1

Список координат і висот пунктів супутникової GPS

№ п/п	Назва пункту	Тип центру	Розташування	Координати		Висота над рівнем моря (м)	Прим.
				X	Y		
1	РП 1	Цвях- дюбель	Див. картки	5575407.551	3352231.572	164.09	
2	РП 2	Цвях- дюбель	Див. картки	5575435.557	3352176.756	162.96	
3	РП 3	Цвях- дюбель	Див. картки	5575410.343	3352277.292	165.12	
4	РП 1	Цвях- дюбель	Див. картки	5576201.895	3352209.334	136.43	
5	РП 2	Цвях- дюбель	Див. картки	5575882.338	3352194.798	147.23	
6	РП 3	Цвях- дюбель	Див. картки	5575787.038	3352199.020	152.25	
7	РП 4	Цвях- дюбель	Див. картки	5575798.010	3352396.736	150.82	
8	РП 5	Цвях- дюбель	Див. картки	5576030.450	3352615.705	141.87	
9	РП 6	Цвях- дюбель	Див. картки	5575741.811	3352335.512	154.93	
10	РП 7	Цвях- дюбель	Див. картки	5575585.524	3352292.359	159.98	

Отримання диференційних поправок здійснювалось від перманентних



мереж базових станцій «System.NET» та «Kyivstar».(Рис 9)

Рис 9 Мережа перманентних базових станцій компанії «System.NET»

Більшість подальшого топографічного знімання виконувалось тим же GNSS-приймачем, з дотриманням усіх правил та інструкцій виконання топографо-геодезичних вишукувань.

Після створення GNSS-основи та детального знімання території приймачем виконувалося згущення знімальної мережі та детальна тахеометрична зйомка важкодоступних місць.

За допомогою роботизованого тахеометра GeoMax Zoom 80 R1”A10, орієнтованого методом оберненої засічки за двома існуючі точками, було виконано знімання провісів ліній електропередач над проїжджою частиною.

Безвідбивачевий режим тахеометра дозволив безпечно закоординувати недоступні точки на місцевості без ризику та втрати часу.[7]

Паралельно з вже класичними методами знімання застосовувався метод мобільно лазерного сканування (LIDAR), а саме технологія SLAM з використанням приладу компанії FJDynamics моделі Trion P2.

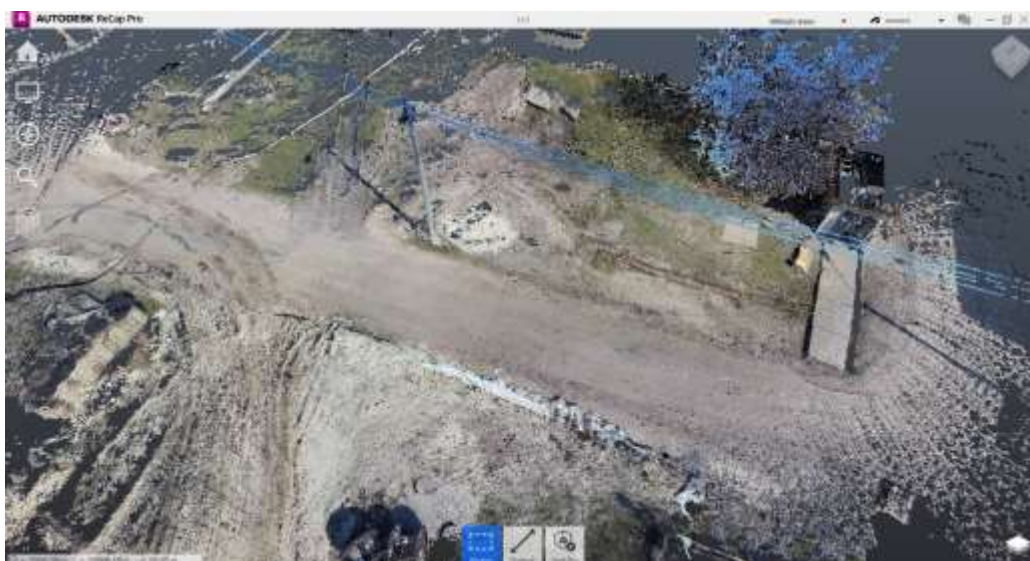
Для забезпечення чіткої просторової прив’язки майбутньої хмари точок до ДГМ, перед початком сканування на місцевості було розміщено чи зафіксовано опорні точки для сканеру. Їх координати були попередньо визначені GNSS-приймачем із потрібною точністю.

Під час сканування оператор обов'язково зупинявся та встановлював сканер на ці точки на декілька секунд для ініціалізації та подальшої прив'язки. [27]

Сама технологія пішого сканування вимагала дотримання кінематики рухів оператора. Перед стартом запису даних проводилася процедура статичної ініціалізації IMU сканера, після чого рух розпочинався з обов'язковим пересіченням своєї траєкторії час від часу.

Оператор здійснював піші проходи по території об'єкта загальною площею 3,86 га за спеціально спланованими маршрутами таким чином, щоб побувати на всіх закріплених опорних точках і захопити всю можливу територію об'єкта та перетинати вже відскановані ділянки. Такі маршрути дозволяють алгоритму SLAM автоматично розпізнавати спільні контури і коригувати накопичену похибку. [28]

Ця технологія дозволила за лічені хвилини згенерувати щільну хмару точок, зафіксувавши кожен сантиметр території. Основною перевагою такої технології є можливість, не втрачаючи час на те щоб автомобілі звільнили дорогу, знімати пікети по дорозі, адже сканер знімає сотні тисяч точок в секунду, в тому числі і точки дорожнього покриття. Таким чином отримується



повноцінна хмара точок з координатною прив'язкою і високою точністю. (Рис 10)

Рис 10 Отримана хмара дорожнього покриття відкрита в ПЗ Autodesk ReCap

При роботі над об'єктом у селі Білогородка хмара використовувалася як опорна підложка та орієнтир для креслення топографічного плану 1:500.

Паралельно з інструментальними вимірюваннями, технологія польових робіт включає складання польових абрисів та суцільну фотофіксацію об'єкта.

Оскільки до комплексу топографічного знімання підключили і лазерне знімання мобільним ручним сканером, то необхідність у фіксації на камеру та абрис відпала сама-собою, адже сканер має вбудовані та зовнішні камери, які самі ведуть відеозйомку усього об'єкту, а хмара точок виключає необхідність використання абрису. [29].

Також під час вишукувальних робіт було відкрито та досліджено всі колодязі підземних комунікацій, що знаходяться на території об'єкту. Таким чином було виявлено точний діаметр і встановлено напрямки проходження підземної інфраструктури.

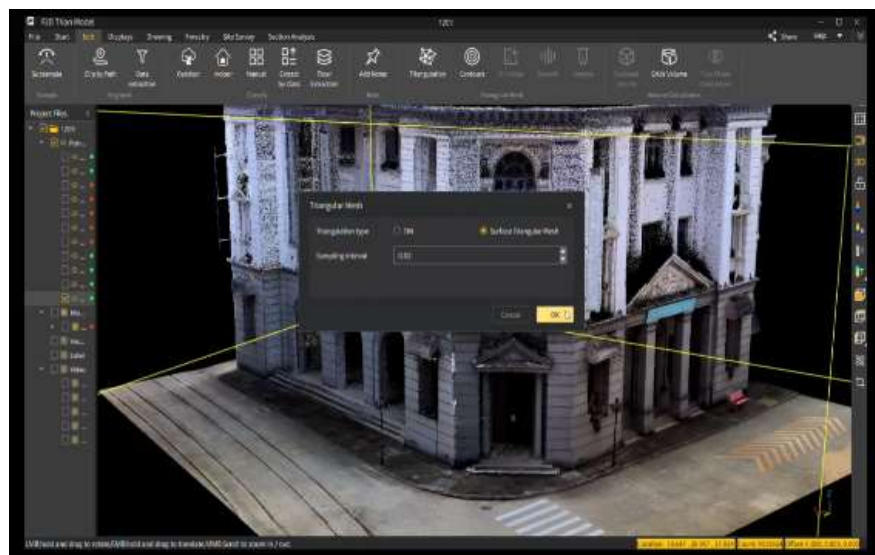
3.2 Камеральне опрацювання польових робіт. Склад звітних матеріалів.

Камеральне опрацювання результатів вимірювань є критично важливим етапом вишукувань, під час якого сирі просторові дані трансформуються у готовий план місцевості та звітну документацію. [4]

У випадку реконструкції перехрестя в селі Білогородка цей процес вимагав застосування потужних обчислювальних можливостей комп'ютера та спеціального програмного забезпечення для обробки усього масиву точок знятих, як GNSS-приймачем та тахеометром, так і лазерним сканером.

Для виконання цих завдань використовувалися такі програмні забезпечення як Autodesk AutoCad, Autodesk ReCap та Digital, що є стандартними програмами для виконання такого роду завдань з побудови високоточних креслень та взаємодії з масивами геопросторової інформації. [30]

Першочерговою задачею камерального етапу було порівняння різнорідних даних. Спочатку масивна тривимірна хмара точок, отримана за допомогою SLAM-сканера, імпортувалася в обробне програмне середовище



FJD Trion Model для прив'язки хмари до місцевих координат (Рис 11).

Рис 11 Інтерфейс програмного забезпечення FJD Trion Model

Важливим кроком стала автоматизована фільтрація хмари точок від «шумів», з'явившихся через динамічні об'єкти, такі як автомобілі чи пішоходи, після чого відбулася класифікація точок на рельєф, дорожнє покриття, бордюри, рослинність, будівлі.

Потім опрацьована хмара точок потрапила у ПЗ Autodesk ReCap для переформатування хмари у потрібний формат, адже ПЗ Autodesk AutoCad сприймає лише хмари точок з розширенням .rcp, тоді як вихідна хмара зі сканера має розширення .las.

Переформатувавши хмару в потрібний формат ми отримали доступ до взаємодії з нею у ПЗ AutoCad. [31]

На основі опрацьованої хмари точок та пікетів у програмному комплексі AutoCad з розширенням MenuGeo було побудовано цифрову модель місцевості. Ця модель стала базою для автоматичного створення горизонталей із перерізом рельєфу 0,5 метра та викреслювання топографічного плану в масштабі 1:500.

У процесі векторизації особлива увага приділялася правильному відображенню інженерних комунікацій та горизонталей. На план були нанесені

всі існуючі лінії електропередач, газопроводи, мережі водопостачання та зв'язку з повним зазначенням характеристик, що були виявлені під час польового обстеження колодязів.

Використання актуальних умовних знаків забезпечило легкість читання плану та його відповідність усім нормативним вимогам до містобудівної та проєктної документації.[7]

Окремим завданням камерального опрацювання для потреб будівництва є створення повздовжніх та поперечних профілів існуючого покриття. Завдяки надвисокій щільності точок, імпортованих у середовище AutoCAD чи Digital, інженер отримує можливість автоматично «нарізати» поперечники з будь-яким необхідним кроком.

Це дозволяє максимально точно оцінити поперечні ухили, глибину колійності та різні дефекти, що дуже важливо для розрахунку обсягів робіт під час проєктування. [32]

Графічні матеріали потребують структуризації для інтеграції до місцевого кадастру, тому топографічний план формується з дотриманням пошарової організації. Майже кожен об'єкт має свій шар з певним номером та

0		Be...	Continu...	150 y...	0	15
11320000		Be...	Continu...	0.18...	0	15
11900000		Be...	Continu...	По у...	0	15
11910000		Be...	Continu...	0.30...	0	15
12000000		Be...	Continu...	0.18...	0	15
21100000		Be...	Continu...	0.30...	0	15
44200129		Be...	Continu...	0.18...	0	15
44370000		Be...	Continu...	0.18...	0	15
44412000		Be...	Continu...	0.30...	0	15
44422000		Be...	Continu...	0.18...	0	15
44510000		Be...	44220000	0.18...	0	15
51300119		Be...	Continu...	0.25...	0	15
51312000		150	51312000	0.30...	0	15
51313400		30	51313400	0.30...	0	15
51314100		30	51314100	0.30...	0	15
51320000		Be...	Continu...	0.18...	0	15
51328000		Be...	Continu...	0.18...	0	15
51361120		Be...	Continu...	0.18...	0	15
51361134		Be...	Continu...	0.18...	0	15
51362100		Be...	Continu...	0.18...	0	15
51366141		Be...	Continu...	0.18...	0	15
51470000		Be...	Continu...	0.18...	0	15
51472000		Be...	Continu...	0.18...	0	15
60000121		Be...	Continu...	0.18...	0	15
61230000		Be...	Continu...	0.35...	0	15
61341000		Be...	Continu...	0.30...	0	15
61342000		Be...	61343000	0.25...	0	15
61343000		Be...	61343000	0.18...	0	15
61346000		Be...	61346000	0.30...	0	15
61348000		Be...	Continu...	0.18...	0	15
62222000		Be...	Continu...	0.18...	0	15
65310000		Be...	Continu...	По у...	0	15
66100000		Be...	Continu...	0.18...	0	15
66200000		Be...	Continu...	0.18...	0	15
71000000		Be...	71000000	0.18...	0	15
71111110		Be...	Continu...	0.18...	0	15
71133100		Be...	Continu...	0.18...	0	15
71133200		Be...	Continu...	0.18...	0	15
71133500		Be...	Continu...	0.18...	0	15
71211200		Be...	Continu...	0.18...	0	15
71224000		Be...	71224000	0.18...	0	15

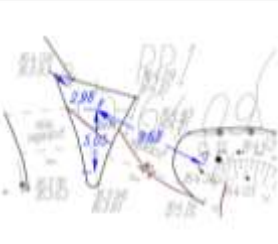
характеристиками згідно з вимогами геоінформаційних систем. (Рис 12)

Рис 12 Шари графічних об'єктів у ПЗ AutoCad

Кожному графічному об'єкту призначаються атрибути, наприклад, лінії комунікацій мають метадані про матеріал труби та її діаметр. Такий підхід перетворює звичайне креслення на базу даних, яка в подальшому використовується органами місцевого самоврядування для просторового планування та управління. [33]

Фіналом камеральних робіт є формування повного пакету звітних матеріалів, який передається замовнику та проєктній організації для безпосередньої розробки проєкту. Згідно з вимогами державних будівельних норм, склад звітних матеріалів по об'єкту в Білогородці включає текстову та графічну частини.

До текстової частини входить технічний звіт у вигляді пояснювальної записки, що містить опис фізико-географічних умов, методики виконання вимірювань, оцінку точності робіт, технічне завдання (Додаток А), сертифікат інженера-геодезиста, метрологію на використанні прилади та каталоги координат і висот пунктів закладених реперів.

Картки закладки пунктів опорної геодезичної мережі		
ФОП Куценко О.В.	Картка закладки пунктів опорної геодезичної мережі РПІ	Тип центру
		Центр-добель Ø10мм
Опис місцезнаходження	Зовнішнє оформлення: Металевий добель з пофарбованим у чорний колір центром, який забитий в покриття	Картку склав Ісаєв М.І.

До закладених реперів також були створені спеціальні картки. (Рис 13)

Рис 13 Картка закладки пунктів опорної геодезичної мережі

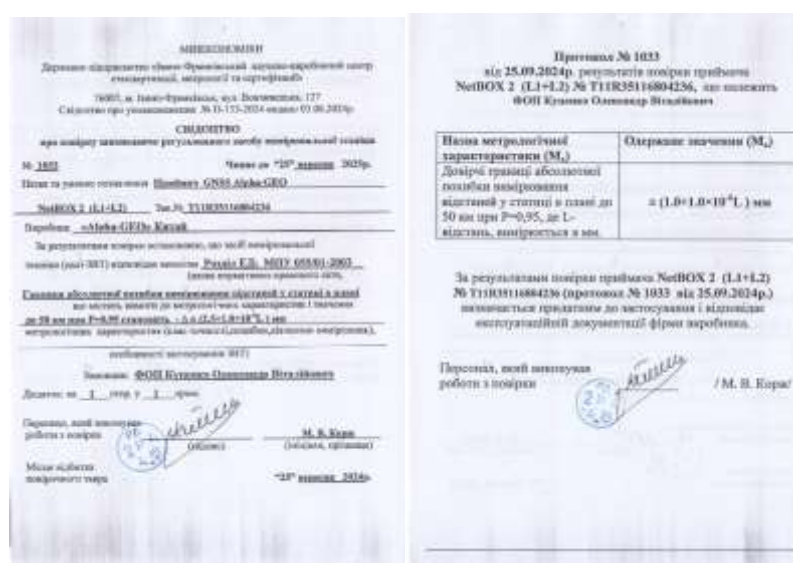
Графічна частина представлена оцифрованим топографічним планом масштабу 1:500 у форматі DWG та PDF, а також тривимірною хмарою точок.

Надання даних у таких сучасних цифрових форматах дозволяє інженерам одразу інтегрувати їх у програмні забезпечення інформаційного моделювання та розпочати проєктування без втрати точності. [5]

3.3 Технічний контроль та порядок приймання виконаних робіт

Технічний контроль якості топографо-геодезичних робіт є важливою запорукою надійності майбутнього будівництва, особливо коли йдеться про реконструкцію транспортних вузлів в умовах щільної забудова. Головним аспектом системи контролю є дотримання метрологічних вимог до геодезичного обладнання ще на етапі підготовки до вишукувань.

Усі прилади, окрім сканера, що задіяні на об'єкті в Білогородці пройшли обов'язкову щорічну метрологічну повірку та калібрування в сертифікованих лабораторіях Івано-Франківського науково-виробничого центру стандартизації,



метрології та сертифікації (Рис 14).

Рис 14 Свідчення про повірку засобу вимірювальної техніки, а саме GNSS-приймача

Перед початком польового знімання інженер-геодезист додатково виконав польові повірки інструментів: перевірено колімаційну похибку та місце нуля тахеометра, а також коректність роботи компенсаторної системи IMU в GNSS-приймачі та лазерному сканері FJDynamics Trion P2. Такий підхід гарантує, що

інструментальні похибки приладів зведені до мінімуму і не вплинуть на точність визначення координат. [34]

Польовий контроль здійснювався безпосередньо під час збору просторових даних шляхом застосування методів надлишкових вимірювань та перехресної перевірки технологій, тобто вимірюна точка тахеометром додатково перевірялась GNSS-приймачем і навпаки.

Під час закладення десяти реперів оператор жорстко контролював показники якості супутникового позиціонування та лише за умови наявного фіксованого рішення з показником PDOP не більше 3.0. [35]

Для контролю надійності роботи SLAM-сканера використовувався метод контрольних точок: геодезисти попередньо закоординували ряд чітких твердих контурів на кутах бордюрів, централ колодязів на інших конкретних місцях.

Згодом, під час камерального опрацювання, ці пікети використовувалися як еталон для перевірки планово-висотної точності хмари точок.

Згідно з чинними нормами для масштабу 1:500, середні похибки в положенні чітких контурів не повинні перевищувати 0,5 мм у масштабі плану, а завдяки такому жорсткому польовому контролю ці допуски були повністю витримані. [7]

Камеральний етап контролю передбачає глибоку програмну перевірку топології та цілісності топографічного плану, створеного в середовищі AutoCAD.

На цій стадії виконано автоматичний пошук так званих «викидів» - точок, які могли утворитися внаслідок відбиття лазерного променя від рухомих автомобілів, людей, тварин і випадково потрапити до TIN-моделі.

Окремо перевірялася коректність інтерполяції горизонталей із перерізом 0,5 метра на ділянках з різким перепадом висот, зокрема на узбіччях та в місцях існуючого водовідведення.

Графічна частина топоплану проходила строгий контроль на предмет дотримання актуальності умовних знаків, правильності відображення об'єктів та повноти заповнення. Це гарантує, що проєктант отримає правильні дані, на

яких можна безпомилково розрахувати і спланувати обсяги подальших земельних робіт. [36]

Важливим аспектом якості в умовах щільної забудови є верифікація і погодження даних про підземні мережі. Оскільки реконструкція передбачає масштабні земляні роботи, оцифрований топографічний план підлягав обов'язковому погодженню з усіма експлуатуючими службами Бучанського району.

Попередні креслення передавались представникам електромереж ДТЕК, газового господарства Київоблгаз, операторам телекомунікацій Укртелеком та Атраком та місцевому водоканалу. Уповноважені представники цих організацій звіряли нанесене положення комунікацій зі своїми матеріали, уточнювали глиби залягання та діаметри труб, після чого ставили свої офіційні печатки та підписи на плані.

Цей етап юридично захищає як виконавця геодезичних робіт, так і будівельників від випадкового пошкодження мереж під час зняття старого дорожнього покриття. [2]

Порядок приймання виконаних робіт фіналізується на рівні формування звітної документації та її легалізації в державних реєстрах. Згідно з сучасними вимогами містобудівного законодавства, уся графічна та текстова інформація технічного звіту не лише друкується на папері, а й формується у вигляді електронних документів.

Сертифікований інженер-геодезист засвідчує матеріали своїм кваліфікованим електронним підписом та сертифікатом і завантажує їх до Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва (ЄДЕССБ). Отримання реєстраційного номера є підтвердженням того, що матеріали пройшли контроль з боку держави.

Після цього роздрукований технічний звіт із мокрими печатками офіційно передається замовнику – Білогородській сільській раді за актом приймання-передачі.

У подальшому ці вишукувальні матеріали стають вагомою частиною робочого проєкту реконструкції і проходять фінальну перевірку під час комплексної державної будівельної експертизи об'єкта. [37]

Висновки до розділу 3

Проведений комплекс робіт продемонстрував високу ефективність поєднання класичних методів із новими технологіями, такими як мобільне лазерне сканування.

Послідовність робіт дотримана на кожному етапі відповідно до вимог.

Створення планово-висотної основи за допомогою GNSS-приймача від компанії Alpha-GEO забезпечило надійну прив'язку з точністю до двох сантиметрів.

Використання тахеометра GeoMax Zoom 80 дозволило точно закоординувати важкодоступні елементи.

Застосування технології SLAM із сканером FJDynamics Trion P2 дозволило за короткий проміжок часу отримати щільну хмару точок вздовж усього об'єкту.

Камеральне опрацювання в середовищах AutoCAD, ReCap та DigitalS забезпечило створення топографічного плану масштабу 1:500 з повною інформацією про наземні та підземні комунікації, а також всі інші фізичні об'єкти на території дослідження.

Багаторівнева система контролю, включаючи метрологічну перевірку приладів та погодження нанесення мереж, гарантує високу якість та надійність результатів.

Видача звітної документації у цифрових форматах та реєстрація її в ЄДЕССБ підтверджує легітимність вишукувань.

Сформована геопросторова підоснова є гарною базою для проєктування сучасної розв'язки та реконструкції доріг в умовах щільної забудови.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи було повністю досягнуто поставлену мету та виконано комплекс завдань щодо обґрунтування інженерно-геодезичних вишукувань для реконструкції та ремонту дорожньої мережі в селі Білогородка.

Проведене дослідження підтвердило, що стрімкий розвиток приміської зони Києва та значне зростання навантаження на існуючі дороги вимагають невідкладної модернізації.

Теоретична база роботи ґрунтується на дотриманні законодавчих актів та законів, зокрема законів про топографо-геодезичну діяльність та містобудування, а також актуальних будівельних норм.

Встановлено, що процес вишукувань має три етапи, а саме підготовчий, польовий та камеральний.

Детальна характеристика об'єкта площею 3,86 га дозволила класифікувати умови робіт як III категорію складності та CC2 категорію наслідків. Фізико-географічні особливості району показали необхідність виконання ретельного висотного знімання для коректного проєктування.

Практична частина роботи продемонструвала переваги інтеграції до звичайного процесу мобільного лазерного сканування.

Використання GNSS-приймачів забезпечило створення планово-висотної основи з точністю до двох сантиметрів.

Застосування роботизованого тахеометра дозволило ефективно доповнити вимірювання приймачем на складних ділянках та зафіксувати провіси електричних мереж над дорогою.

Застосування лазерного сканування SLAM дозволило отримати якісну хмару точок усієї дороги та прилягаючих територій, зафіксувавши кожен елемент за пару годин.

Камеральне опрацювання отриманих даних у середовищах AutoCAD, ReCap, FJD Trion Model та Digitals дозволило отримати із сирих даних актуальний топографічний план масштабу 1:500 та високоякісну хмару точок з координатною прив'язкою.

Створені графічні матеріали були структуровані за шарами та атрибутами, що перетворило їх на повноцінну базу даних, готову для подальшого проєктування та інтеграції в містобудівний кадастр.

Завершальним етапом стало забезпечення якості та відповідності вишукувань через систему контролю, що включала метрологічну перевірку приладів вимірювання, метод контрольних точок та юридичне погодження нанесених інженерних комунікацій з службами Бучанського району.

Реєстрація звітної документації в ЄДЕССБ підтвердила повну відповідність виконаних робіт.

Сформована в ході дослідження геопросторова підоснова є надійним фундаментом для проєктування сучасної розв'язки, засобів заспокоєння руху та інженерних мереж, що дозволить втілити ефективність дорожнього простору в селі Білогородка в реальність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність: Закон України № 353-XIV від 23.12.1998 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14#Text>.
2. Про регулювання містобудівної діяльності: Закон України № 3038-VI від 17.02.2011 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17#Text>
3. Про автомобільні дороги: Закон України № 2862-IV від 08.09.2005 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2862-15#Text>
4. ДБН А.2.1-1-2014. Інженерні вишукування для будівництва: Державний будівельний норматив. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0083858-14#Text>
5. ДБН В.2.3-5:2018. Вулиці та дороги населених пунктів: Державний будівельний норматив. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3199686959802877315?doc_type=2
6. ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги: Державний будівельний норматив. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074920736381470676?doc_type=2
7. Порядок топографічної зйомки у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500: Наказ від 17.04.2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0868-25#Text>
8. Земельний кодекс України: Закон України № 2768-III від 25.10.2001 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>
9. Про землеустрій: Закон України № 858-IV від 22.05.2003 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/858-15#Text>
10. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій: Державний будівельний норматив. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3260441209981634046

11. Про дорожній рух: Закон України № 3353-XII від 30.06.1993 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3353-12#Text>
12. Про національну інфраструктуру геопросторових даних: Закон України № 554-IX від 13.04.2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text>
13. Калинич І. В., Гриник Г. Г., Ничвид М. Р. Геодезія: навч. посібник. Ужгород, 2020. 248 с.
14. GNSS-приймач Alpha-GEO Netbox2: Технічні характеристики та опис моделі. URL: <https://navgeotech.com/ru/gnss-alpha-geo-netbox2?srsId=AfmBOophAE6QqfSr9oY5VHbEWvID57Xr18Kt0Lry18ezUK3CH6-fSHPi>
15. Роботизований електронний тахеометр GeoMax Zoom 80 1” A10 Servo: технічні характеристики та функціональні можливості. URL: <https://profpribor.ru/shop/geodezicheskoe-oborudovanie/taxeometry/taxeometr-geomax-zoom-80-1-a10-servo/>
16. Мобільний лазерний сканер FJDynamics Trion P2: технічні характеристики та опис моделі. URL: <https://geofix.odoo.com/shop/mobilnii-lazernii-skaner-fj-dynamics-trion-p2-819?category=6>
17. Офіційний портал Білогородської громади. URL: <https://bilohorodka-rada.gov.ua/>
18. Енциклопедія історії України: стаття «Білгород Київський». URL: http://resource.history.org.ua/cgi-bin/eiu/history.exe?Z21ID=&I21DBN=EIU&P21DBN=EIU&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=eiu_all&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=TRN=&S21COLORTERMS=0&S21STR=Bilgorod
19. Екологічний паспорт Київської області: офіційні дані про стан навколишнього природного середовища. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/04/Ekologichnyj-pasport-Kyyivska-oblast.pdf>
20. Програма соціально-економічного розвитку Бучанського району на 2024-2026 роки. URL: <https://www.bucha-rada.gov.ua/socio-economic-development>

21. Звіт Державного агентства відновлення та розвитку інфраструктури України про хід відбудови Київщини URL: <https://restoration.gov.ua/wp-content/uploads/2026/03/zvit-av-po-bezbaryernosti-za-i-kvartal-2026-.pdf>
22. Матеріали конференції «Сучасні технології в дорожньому будівництві», 2025 р.: тези доповідей та наукові праці. URL: <https://bct.in.ua/materialy-konferentsii-2025/>
23. Топографічні карти Генерального штабу: архівні матеріали території України. URL: <https://freemap.com.ua/karty-ukrainy/karty-genshtaba/>
24. Аналітичні статті з інженерної геології та геодезії Білогородки: Інженерна компанія «Геотоп». URL: <https://geotop.com.ua/geodeziya-ta-geologiya.php>
25. Публічна кадастрова карта України: електронний реєстр та картографічні дані про земельні ділянки. URL: <https://kadastrova-karta.com/>
26. Про Державний земельний кадастр: Закон України № 3613-VI від 07.07.2011 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17#Text>
27. Керівництво користувача FJDynamics P2, технічні вимоги до виконання мобільного сканування. URL: <https://www.fjdttrion.com/de/support-center/fjdttrion-p2-lidar-scanner>
28. Стаття SLAM Technology in Mobile Mapping: Geospatial World Blog. URL: <https://geospatialworld.net/blogs/slam-technology-how-companies-are-using-it-in-ar/>
29. Островський А. Л. та ін. Геодезія. Частина друга. Львів, 2008. 564 с.
30. Офіційне керівництво користувача Autodesk Civil 3D, URL: https://images.autodesk.com/adsk/files/autocad_aca_user_guide_russian.pdf
31. Monitoring 3D Urban Growth: Аналіз тривимірного росту міських територій та моніторинг змін. URL: <https://www.gim-international.com/content/article/monitoring-3d-urban-growth-3>
32. Постанова Кабінету Міністрів України « Про затвердження єдиних вимог щодо проектування, нового будівництва, реконструкції та капітального ремонту автомобільних доріг загального користування»: № 1065 від

28.12.2016 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1065-2016-%D0%BF#Text>

- 33.Постанова КМУ «Про затвердження Положення про містобудівний кадастр»: № 559 від 25.05.2011 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/559-2011-%D0%BF#Text>
- 34.Про метрологію та метрологічну діяльність: Закон України № 1314-VII від 05.06.2014 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18#Text>
- 35.Костецька Я. М. Геодезичні прилади. Ч. II. Електронні геодезичні прилади: підручник. Львів, 2015. 324 с.
- 36.Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. URL: https://gki.com.ua/files/page/Um_znaki_5000-500_St360-413.pdf
- 37.Порядок ведення Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва: Постанова КМУ № 681 від 23.06.2021 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/681-2021-%D0%BF#Text>

ДОДАТКИ

ЗАТВЕРДЖУЮ

ДОДА
ТОК А

“ ”

2025 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання інженерно-геодезичних вишукувань

1. Повне найменування об'єктів:
 - 1.1. Капітальний ремонт частини тротуару з влаштуванням інженерних засобів заспокоєння руху по вул. Олександра Саєнка в с. Білогородка Бучанського району Київської області;
 - 1.2. Капітальний ремонт частини тротуару з влаштуванням інженерних засобів заспокоєння руху по вул. Володимирській в с. Білогородка Бучанського району Київської області;
 - 1.3. Реконструкція перехрестя з облаштуванням кругового руху вулиць Володимирська та Саєнка в с. Білогородка Бучанського району Київської області
2. Місцезнаходження й межі району (ділянки): вул. Саєнка, вул. Володимирська, перехрестя з облаштуванням кругового руху вулиць Володимирська та Саєнка с. Білогородка, Бучанського району Київської області.
3. Замовник: Білогородська сільська рада Бучанського району Київської області
4. Технічна характеристика проєктованого об'єкта та стадія проєктування:
 - 4.1. вул. Олександра Саєнка в с. Білогородка Бучанського району Київської області, довжиною 0,4 км, стадія проєктування – РП.
 - 4.2. по вул. Володимирській в с. Білогородка Бучанського району Київської області
 - 4.3. Реконструкція перехрестя з облаштуванням кругового руху вулиць Володимирська та Саєнка
5. Детальність і повнота відображення ситуації об'єкта: згідно з ДБН А.2.1-1-2008.
6. Точність визначення просторового положення елементів ситуації (масштаб) зйомку виконати в масштабі 1:500
7. Спеціальні вимоги: виконати геодезичну зйомку тротуару від перехрестя вулиць Володимирська та Саєнка до перехрестя вулиць Володимирська та І Франка (не виконувати зйомку нового (відремонтованого) тротуару .
8. Перелік звітних матеріалів, зразки форм їх подання у випадку виконання спеціальних видів робіт: науково-технічний звіт з інженерно-геодезичних вишукувань надати в повному обсязі згідно з ДБН А.2.1-1-2008.
9. Відомості про наявність матеріалів вишукувань минулих років: відсутні

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет землевпорядкування

Декларація про академічну доброчесність та використання ШІ

ДЕКЛАРАЦІЯ ЗДОБУВАЧА

Я, _____, здобувач НУБіП України, усвідомлюючи відповідальність за порушення академічної доброчесності, цією заявою підтверджую, що:

1. Моя бакалаврська кваліфікаційна робота (проект) на тему «Інженерно-геодезичні вишукування для капітального ремонту та реконструкції дорожньої інфраструктури в с. Білогородка Бучанського району Київської області» є результатом моєї особистої праці.

2. Усі запозичення з текстів інших авторів мають відповідні посилання згідно з чинними стандартами.

3. Щодо використання інструментів ШІ зазначаю, що (обрати необхідне):

- ☐ інструменти генеративного ШІ не використовувалися.
- ☐ інструменти ШІ (вказати назву: ChatGPT, Gemini, Claude, DeepL,

_____ інші (вказати назву)) були використані для:

- ☐ перекладу іншомовних джерел;
- ☐ стилістичного редагування та перевірки граматики;
- ☐ допомоги у написанні/відлагодженні програмного коду;
- ☐ інше: _____.

Я розумію, що надання недостовірної інформації може призвести до скасування результатів захисту та відрахування з числа здобувачів НУБіП України.

«__» _____ 2026р.
