

Міністерство освіти і науки України
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Інститут архітектури та будівництва «ІФНТУНГ-ДонНАБА»
Кафедра геодезії та землеустрою

Халенко Галина Богданівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

«Особливості виконання топографо-геодезичних вишукувань для будівництва індивідуального житлового будинку садибного типу в гірській місцевості»
(назва роботи)

Геодезія та землеустрій
(назва освітньої програми)

193 Геодезія та землеустрій
(шифр і назва спеціальності)

Робота містить результати власних досліджень, використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело:

Здобувач освітнього ступеня Халенко Г. Б.
(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник Матіщук А. В., ст. викладач
(підпис, прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання керівника)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри _____ Приходько М. М., професор
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Івано-Франківськ – 2025 рік

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут архітектури та будівництва «ІФНТУНГ-ДОННАБА»

Кафедра геодезії та землеустрою

Освітній рівень бакалавр

Спеціальність 193 Геодезія та землеустрій

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Приходько М.М.

«___» _____ 2025 року

**З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Халенко Галині Богданівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Особливості виконання топографо-геодезичних вишукувань для будівництва індивідуального житлового будинку садибного типу в гірській місцевості»

керівник роботи ст. викладач Матішук Андрій Васильович,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом закладу вищої освіти від «06» червня 2025 року № 59/8

2. Строк подання студентом роботи 17.06.2025

3. Вихідні дані до роботи: матеріали геодезичних робіт з супроводу будівництва індивідуального житлового будинку садибного типу, отримані на геодезичному підприємстві

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1 Опис фізико-географічних та топографо-геодезичних умов у межах району виконання робіт. 2 Особливості організації робіт з топографо-геодезичних вишукувань для будівництва у гірській місцевості. 3 Комплекс топографо-геодезичних робіт при створенні картографічного матеріалу на територію будівництва у гірській місцевості

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1. Топографічний план масштабу 1:500 ділянки в с. Мислівка, де виконувались топографо-геодезичні вишукування. 2. Розпланувальне креслення будівництва індивідуального житлового будинку садибного типу в с. Мислівка Івано-Франківської області. 3. Генплан житлового будинку в с. Мислівка.

Анотація

У бакалаврській роботі розглянуто особливості організації та виконання топографо-геодезичних вишукувань для підготовки топографічної основи для проектування індивідуального житлового будинку садибного типу, розташованого у гірській місцевості. У роботі проаналізовано природно-кліматичні та інженерно-геологічні умови досліджуваної місцевості, а також нормативно-правову базу України, що регламентує виконання топографо-геодезичних робіт у межах населених пунктів.

Основну увагу зосереджено на застосуванні сучасних геодезичних приладів та комбінованих методик знімання, зокрема використанні GNSS-приймача Hi-Target V200 RTK та електронного тахеометра Sokkia SET 550 RX. Описано методику побудови знімальної геодезичної основи, особливості виконання вимірювань в умовах гірської залісеної місцевості, а також особливості збору даних у важкодоступних ділянках. Детально висвітлено камеральне опрацювання результатів вимірювань у програмному середовищі AutoCAD із побудовою цифрового топографічного плану масштабу 1:500.

Результати дослідження підтверджують ефективність поєднання GNSS-знімання і тахеометричного знімання для отримання якісного картографічного матеріалу у гірській місцевості, який придатний для проектування індивідуального житла.

Abstract

The bachelor's thesis examines the features of organizing and performing topographic and geodetic surveys to prepare a topographic basis for designing an individual manor-type residential building located in a mountainous area. The work analyzes the natural, climatic, and engineering and geological conditions of the studied area, as well as the regulatory framework of Ukraine that regulates the performance of topographic and geodetic works within settlements.

The main attention is focused on the use of modern geodetic instruments and combined surveying methods, in particular, the use of the Hi-Target V200 RTK GNSS receiver and the Sokkia SET 550 RX electronic total station. The methodology for constructing a survey geodetic basis, the features of performing measurements in mountainous forested areas, as well as the features of collecting data in hard-to-reach areas are described. The office processing of measurement results in the AutoCAD software environment with the construction of a digital topographic plan of a scale of 1:500 is covered in detail.

The results of the study confirm the effectiveness of combining GNSS and total station surveys to obtain high-quality cartographic material in mountainous areas, which is suitable for designing individual housing.

Зміст

Вступ	7
1. 1. Опис фізико-географічних та топографо-геодезичних умов у межах району виконання робіт	8
1.1. Природно-кліматичні та інженерно-геологічні умови в районі виконання робіт.....	Помилка! Закладку не визначено.
1.2. Топографо-геодезичний опис села Мислівка	Помилка! Закладку не визначено.
2 Особливості організації робіт з топографо-геодезичних вишукувань для будівництва у гірській місцевості	15
2.1 Поняття та завдання інженерно-геодезичних вишукувань. Нормативно-правова база їх виконання	Помилка! Закладку не визначено.
2.2 Основні види та методи топографічного знімання та особливості їх застосування у гірській місцевості	Помилка! Закладку не визначено.
2.3 Підготовка до проведення топографо-геодезичних вишукувань та вибір масштабу знімання.....	Помилка! Закладку не визначено.
3 Комплекс топографо-геодезичних робіт при створенні картографічного матеріалу на територію будівництва у гірській місцевості.....	28
3.1 Характеристики приладів, якими виконувалися польові роботи під час топографо-геодезичних вишукувань в с. Мислівка	Помилка! Закладку не визначено.
3.2 Польові роботи під час виконання топографічного знімання комбінованим методом з використанням електронного тахеометра та приймача GNSS в селі Мислівка	Помилка! Закладку не визначено.
3.3 Камеральне опрацювання матеріалів комбінованої тахеометричної зйомки та створення цифрового картографічного матеріалу	Помилка! Закладку не визначено.

Висновки	43
Список використаних джерел.....	444

Вступ

У сучасних умовах індивідуальне будівництво в гірських районах Карпат набуває все більшої популярності через зростаючу популярність відпочинку та оздоровлення в гірській місцевості. Розвиток індивідуального житлового будівництва у гірських районах України потребує комплексного інженерного підходу, серед елементів якого топографо-геодезичні вишукування відіграють ключову роль.

Складні природні умови ускладнюють сам процес будівництва, що призводить до підвищення вимог до якісного виконання топографо-геодезичних вишукувань. Гірський рельєф (наявність крутих схилів та зсувонебезпечних ділянок), складна геологічна структура, нестабільність ґрунтів та обмежений доступ до ділянок ускладнюють процес знімання та потребують використання спеціалізованих методик та приладів.

Метою даної бакалаврської роботи є дослідити особливості виконання топографо-геодезичних вишукувань для потреб проектування та будівництва індивідуального житлового будинку садибного типу, розташованого у гірській місцевості, на прикладі садиби в с. Мислівка Вигодської селищної територіальної громади.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання результатів дослідження як основи для проектування житлової забудови в гірських умовах, а також як прикладу виконання топографо-геодезичних вишукувань на подібних об'єктах.

1. Опис фізико-географічних та топографо-геодезичних умов у межах району виконання робіт

1.1. Природно-кліматичні та інженерно-геологічні умови в районі виконання робіт

Ділянка, де виконуються топографо-геодезичних вишукування, розташована у межах села Мислівка Вигодської територіальної громади Калуського району Івано-Франківської області (рис. 1.1). Ця територія входить до складу передгірської частини Українських Карпат, а її природно-кліматичні та інженерно-геологічні характеристики є визначальними факторами при проектуванні, будівництві й експлуатації об'єктів. Особливої уваги потребує врахування складного рельєфу, зсувонебезпечності, кліматичних особливостей та гідрологічного режиму, які значною мірою впливають як на методику топографо-геодезичних вишукувань, так і на подальшу реалізацію будівельного проекту.



Рисунок 1.1 – Розташування с. Мислівка

Село Мислівка розташоване у південно-західній частині Калуського району, поблизу адміністративного кордону з Долинською громадою. Воно

знаходиться в межах гірської частини Івано-Франківської області на висотах 500-800 метрів над рівнем моря, що зумовлює характерний гірський рельєф із крутими схилами, вузькими долинами, численними водотоками та значними вертикальними перепадами. Район лежить у межах Гуцульських Бескидів (частина Східних Карпат), що є тектонічно активним регіоном з потужною стратиграфічною будовою.

Рельєф у межах ділянки характеризується чергуванням підвищень і знижених форм. Значна частина території покрита хвойними та змішаними лісами, присутні гірські галявини, схили середньої крутизни (15-25°), що потребує спеціального інженерного підходу до проєктування фундаментів і організації дренажу.

Клімат району, згідно з фізико-географічним районуванням України, відноситься до помірно континентального, із чітко вираженою сезонністю. Через висотну зональність він має риси гірського клімату з підвищеною вологістю, великою кількістю опадів та частими туманами.

Середньорічна температура повітря становить +6...+7 °С. Зими холодні, сніжні, із середньою температурою січня -6...-8 °С. Літо помірно тепле, зі середньою температурою липня +16...+18 °С. Морозостійкість ґрунтів має значення при визначенні глибини закладання фундаментів, зважаючи на сезонне промерзання до 0,9–1,2 м.

Річна кількість опадів становить у середньому 900-1100 мм, з максимумом у літній період. Інтенсивні дощі, особливо у червні-липні, можуть спричиняти зсуви, ерозійні процеси та локальні підтоплення, особливо в понижених частинах рельєфу. Сніговий покрив тримається від листопада до кінця березня, досягаючи висоти 30-80 см, що враховується при плануванні календаря геодезичних робіт.

Кліматичні особливості вимагають особливої уваги до вибору періоду польових вишукувань: доцільно їх виконувати у другій половині весни або на початку осені, коли рівень опадів помірний, ґрунти стабільні, а рослинний покрив не ускладнює доступ до об'єктів.

Село Мислівка розміщене в межах водозбору річки Свіча – притоки Дністра (рис. 1.2). На території присутні численні невеликі потічки, які мають переважно дощово-снігове живлення. У весняний період та під час тривалих злив вони можуть різко змінювати глибину, що створює небезпеку підтоплення в низинних ділянках.



Рисунок 1.2 – Фрагмент супутникового знімку в межах с. Мислівка

Ґрунтові води залягають на різній глибині залежно від структури ґрунтів і тектоніки території – від 0,5 м на прибережних і заболочених ділянках до понад 5–7 м на підвищених схилах. Особливість полягає в нерівномірному водоносному режимі, який ускладнює проектування дренажних систем і вимагає детального інженерно-геологічного дослідження на кожній окремій ділянці забудови.

Переважає частина території села покрита лісами, які ускладнюють виконання топографічної зйомки. Лісистість досягає понад 60% території. У нижній частині села зосереджена сільськогосподарська діяльність: луки, пасовища, невеликі ріллі. У забудованій зоні також наявні сади, декоративні насадження та природний трав'яний покрив.

Щільна рослинність створює додаткові труднощі під час візування, викликає потребу у використанні супутникових методів позиціонування або застосуванні високих віх для забезпечення прямої видимості між точками.

Район дослідження розташований у межах флішової геологічної зони Українських Карпат. Тут переважають осадові гірські породи – пісковики, аргіліти, сланці, мергелі, що чергуються в тектонічних серіях. Флішова структура відзначається складністю стратиграфії, численними тріщинами, іноді з проявами тектонічних порушень, що є потенційно небезпечними у випадку масштабного будівництва або впливу зовнішніх навантажень (землетрусів, ерозії, гідродинамічних змін).

Підстилаючі породи мають відносно слабку водопроникність, але можуть стати зсувоутворюючими за умов перезволоження, зокрема після рясних дощів або неконтрольованого інфільтраційного навантаження з поверхневих стоків. Тому навіть для індивідуального будівництва в районі необхідно враховувати можливість розвитку активних геодинамічних процесів.

На поверхні ґрунтовий покрив сформований переважно бурими лісовими ґрунтами гірського типу, з включеннями суглинків, супісків і уламкового матеріалу. Ґрунти схильні до розмиву, а на схилах – до сповзання, що є ще одним критичним фактором при виборі типу фундаменту та його закладення.

Івано-Франківська область, зокрема її південно-західна частина, належить до сейсмічно активної зони. За даними державного картографічного моніторингу, територія Мислівки має інтенсивність коливань 6-7 балів за 12-бальною шкалою MSK-64. Цей показник передбачає додаткові вимоги до інженерної підготовки території, конструктивних рішень при будівництві й посиленого контролю за точністю геодезичних вимірювань.

З точки зору інженерної геології, територія поблизу села Мислівка придатна для індивідуального житлового будівництва за умови дотримання комплексу запобіжних заходів. Передусім, необхідно враховувати крутизну схилів і уникати забудови в безпосередній близькості до ерозійних форм рельєфу, русел потічків або місць можливого зсуву.

Велике значення має підбір типу фундаменту з урахуванням глибини залягання несучих шарів, рухливості ґрунтів і наявності підґрунтових вод. Оптимальними в більшості випадків є стрічкові або пальові фундаменти з урахуванням дренажних заходів та зміцнення основи за потреби.

Також необхідно виконання геологічного буріння на кожній потенційній будівельній ділянці з ціллю уточнення характеристик ґрунтів і виявлення можливих водоносних горизонтів або геодинамічно нестійких зон.

1.2. Топографо-геодезичний опис села Мислівка

Село Мислівка розташована на географічних координатах $48^{\circ}47'56''$ північної широти та $23^{\circ}45'20''$ східної довготи. Село простягається вздовж долини потоку Мислівка, який впадає у річку Свіча. Територія забудови представлена головним чином індивідуальними житловими будинками садибного типу, господарськими спорудами та незначною інженерною інфраструктурою. У плані розміщення забудова переважно приурочена до підвищених, але відносно вирівняних ділянок, які мають кращі умови для зведення об'єктів.

Рельєф місцевості типовий для передгірської зони Карпат і представлений чергуванням увалів, схилів різної крутизни ($10-25^{\circ}$) та водорозділів, які розсічені вузькими долинами. Абсолютні позначки місцевості коливаються від 550 до 850 метрів над рівнем моря (рис. 1.3). Різкі перепади висот, локальні підйоми та зниження створюють труднощі під час прокладання геодезичних ходів, особливо при проведенні нівелювання.

У межах села зустрічаються кілька характерних морфологічних елементів: вузькі терасовані долини, схили з ерозійними борознами, зсувні тіла, а також невеликі водозбірні чаші, що формуються внаслідок акумуляції поверхневого стоку. Через це з великою увагою мають виконуватися заходи з відведення дощових вод і стабілізації укосів.



Рисунок 1.3 – Топографічна карта масштабу 1:50 000 на територію с. Мислівка

Територією села протікає декілька дрібних постійних водотоків, серед яких найважливішим є потік Мислівка. Водотоки мають сезонний характер коливання витрат води, з підйомами під час весняного сніготанення та літніх злив. Наявність водотоків потребує ретельного топографічного обстеження їх русел та берегів, що є обов'язковою складовою при виконанні інженерної підготовки забудованої території.

Береги потоків мають схильність до розмиву, що зумовлює необхідність постійного моніторингу стану укосів і точок переходу через них (мости, труби). У межах населеного пункту трапляються заболочені ділянки – переважно на плоских міжрічкових зниженнях, що також відображається в топографічних планах.

На території села частково збереглися матеріали попередніх топографічних знімів, виконаних у масштабі 1:10000 та 1:5000, які можуть бути використані як вихідні дані. Однак зважаючи на постійну динаміку забудови, зміну

гідрологічної ситуації та природних умов, існуючі плани потребують оновлення або повного перестворення шляхом сучасних геодезичних методів – GNSS-спостережень, тахеометричної зйомки та аерофотознімання з БПЛА.

Район не охоплено деталізованим топографічним зніманням масштабу 1:500 або 1:1000, що є необхідним для проектування індивідуальної забудови. Відсутність єдиної координатної мережі у межах села також ускладнює інтеграцію нових матеріалів з кадастровою інформацією, що вимагає попереднього створення опорної геодезичної мережі.

У межах села та поблизу нього розташовано декілька пунктів Державної геодезичної мережі III–IV класу. Вони можуть слугувати базовими для побудови місцевої знімальної мережі. Проте стан частини пунктів потребує уточнення та реконструкції. В умовах гірської місцевості особливу складність становить створення стабільних довготривалих пунктів із високою точністю закріплення, зокрема на схилах і в заболочених ділянках.

Село Мислівка належить до типових гірських населених пунктів, де топографо-геодезичні роботи мають проводитися з урахуванням низки факторів:

- значні вертикальні перепади рельєфу, що обумовлюють складні планово-висотні побудови;
- наявність густої рослинності, що ускладнює візування;
- нестабільність ґрунтового покриву на схилах, що викликає необхідність моніторингу зсувів;
- часта хмарність і тумани, що знижують ефективність використання GNSS-методів.

Таким чином, для точного відображення ситуації в межах села Мислівка доцільно поєднувати класичні методи тахеометричної зйомки з використанням GNSS-технологій і аерофотознімання з безпілотних літальних апаратів. Отримані матеріали топографічного знімання мають відповідати вимогам до масштабу 1:500, що є оптимальним для індивідуального проектування будівництва в досліджуваній місцевості.

2 Особливості організації робіт з топографо-геодезичних вишукувань для будівництва у гірській місцевості

2.1 Поняття та завдання інженерно-геодезичних вишукувань. Нормативно-правова база їх виконання

Топографо-геодезичні вишукування — це комплекс спеціалізованих інженерних робіт, що спрямовані на вивчення території, визначення просторового положення об'єктів на місцевості, фіксацію елементів рельєфу та ситуації, з метою забезпечення достовірною геопросторовою інформацією проєктних, будівельних, архітектурних та інших інженерних рішень.

Цей вид вишукувань є складовою частиною інженерних вишукувань для будівництва, які включають також геологічні, гідрометеорологічні, екологічні та інші дослідження. Основне завдання геодезичного блоку полягає в створенні топографічної основи для подальших етапів проєктування, будівництва, реконструкції чи контролю стану території.

Топографо-геодезичні вишукування є невід'ємною складовою інженерної підготовки територій під будівництво. Вони забезпечують створення топографічної основи для проєктування, розрахунків та реалізації будівельних рішень. Основним завданням вишукувань є отримання точних, достовірних і актуальних просторових даних про рельєф, об'єкти природного та штучного походження, інженерні мережі, ситуацію на місцевості.

У процесі виконання топографо-геодезичних вишукувань проводяться, як правило, такі основні роботи:

- рекогностування (попереднє обстеження ділянки);
- побудова знімальної геодезичної мережі (планової та висотної);
- збирання даних про рельєф, елементи місцевості, межі землекористування шляхом виконання геодезичних вимірювань на місцевості;
- камеральне опрацювання зібраної інформації;
- складання топографічних планів у відповідному масштабі;

- передача даних у графічному та цифровому форматах для подальшого використання.

У межах індивідуального житлового будівництва топографічна зйомка виконується для складання топографічного плану масштабу 1:500 або 1:1000.

Кінцевим результатом топографо-геодезичних вишукувань є топографічний план або цифрова модель місцевості (ЦММ), на якому повинні бути відображені горизонталі та позначки висотних точок, контури існуючих об'єктів (будівель, доріг, огорож, комунікацій), лінії електропередач, водопостачання, каналізації, газопроводів, природні об'єкти (дерева, струмки, схили, урвища, тощо), межі земельних ділянок (при наявності кадастрових даних).

У контексті індивідуального житлового будівництва, топографо-геодезичні вишукування виконуються з метою розроблення на них детального плану забудови земельної ділянки, вирішення питань вертикального планування території (влаштування підпірних стінок, сходів, дренажних систем).

На створеному картографічному матеріалі відбувається проектування фундаменту та інженерних мереж, оцінюючи при цьому рівень можливих інженерно-геологічних небезпек, таких як зсуви, водонасичення ґрунтів, ерозія. Топографічна зйомка слугує для створення вихідної геодезичної бази, яка буде використовуватись протягом усього будівельного циклу: від винесення осей у натуру до виконавчих зйомок.

Особливого значення набувають топографо-геодезичні вишукування у гірській місцевості, де рельєф є складним, а доступність до окремих ділянок — обмеженою. У таких умовах зростає значення точності, щільності і актуальності топографічних даних. Також суттєвими стають питання безпеки під час виконання робіт, правильного вибору методики зйомки, та врахування впливу кліматичних і геологічних чинників.

В результаті виконання топографо-геодезичних вишукувань відбувається отримання високоточних і детальних даних про рельєф і ситуацію на об'єкті дослідження. Це дозволяє повною мірою забезпечити координацію проектних

рішень із фактичними умовами території, на якій відбуватиметься будівництво. Окрім цього топографічний матеріал служить для прив'язки будівель і споруд до існуючого рельєфу та оцінки можливих інженерно-геологічних ризиків внаслідок запланованих будівельних робіт.

Картографічний матеріал повинен бути створений в цифровому виді для можливості інтегрування в САПР (AutoCAD, Civil 3D, QGIS тощо). Якісний топографічний матеріал дозволяє проєктанту визначати обмежень для забудови, пов'язані з природними умовами або існуючими інженерними мережами.

Чи не найважливішу роль в ході виконання геодезичних робіт займає побудова планово-висотної основи, на яку буде опиратись усе подальше проєктування. Пункти геодезичної основи слугують також для забезпечення моніторингу змін території у разі тривалого будівництва або нестабільної геології.

Обов'язковим є погодження проєктної документації з місцевими органами влади.

У підсумку, якісно виконані топографо-геодезичні вишукування дозволяють мінімізувати проєктні та будівельні ризики, зменшити витрати, запобігти помилкам при розміщенні будинку, а також забезпечити відповідність будівництва чинним містобудівним та геодезичним нормам.

Якість та правомірність виконання топографо-геодезичних вишукувань у сфері будівництва в Україні визначаються чинною нормативно-правовою базою, яка встановлює вимоги до організації, методів, точності та форми подання результатів геодезичних робіт. Ці документи мають обов'язковий характер при проведенні вишукувань для проєктування, зокрема у сфері житлового будівництва, й особливо важливі в умовах складного рельєфу, як-от у гірських районах.

Основу нормативного забезпечення складають Державні будівельні норми (ДБН), Державні стандарти України (ДСТУ), а також інструкції та настанови, затверджені уповноваженими органами в сфері містобудування, картографії та

геодезії. Сутність цих документів полягає в регламентації технічних рішень, що дозволяють досягти належної точності, безпеки й узгодженості результатів знімання з іншими етапами будівництва – від проєктування до введення об'єкта в експлуатацію.

Ключовим документом, що визначає загальні положення організації геодезичних робіт на стадії проєктування та будівництва, є [1]. Цей нормативний акт окреслює вимоги до складу вишукувань, визначає стадії їх виконання, вимоги до підготовки технічного завдання та до складу звітної документації. Він також передбачає, що топографо-геодезичні знімання повинні виконуватися згідно з відповідними стандартами та інструкціями з урахуванням категорії складності об'єкта, природних умов і рівня відповідальності забудови.

Безпосередньо до технології знімання відносяться положення Інструкції про порядок створення топографічних планів масштабів 1:500-1:5000 [2], затвердженої головним управлінням геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України. Цей документ деталізує процес підготовки, проведення та камеральної обробки топографо-геодезичних робіт, включаючи вибір масштабу, побудову планово-висотної основи, методи знімання рельєфу та ситуації, технічні умови щодо графічного оформлення та цифрової передачі результатів. Особлива увага акцентується на точності знімання: для масштабу 1:500, наприклад, допустима похибка в плані становить не більше $\pm 0,2$ м, а у висоті — не більше $\pm 0,1$ м.

Не менш важливими є вимоги, викладені в [3], які встановлюють взаємозв'язок між етапами будівельного процесу та супровідними геодезичними роботами. Будівельні норми визначають обов'язковість геодезичного супроводу всіх етапів будівництва об'єкта – від підготовки майданчика до здачі його в експлуатацію. Тут подані вимоги до методів контролю, точності вимірювань, архівування та зберігання результатів.

Важливим регламентуючим актом у сфері безпеки та відповідальності є також [4], який встановлює правові засади виконання геодезичних робіт,

визначає відповідальність виконавців, вимоги до ліцензування, а також порядок передачі результатів знімання до державного картографічного фонду.

Таким чином, нормативна база, що регулює виконання топографо-геодезичних вишукувань для будівництва, є комплексною, багаторівневою та обов'язковою до виконання. Вона дозволяє забезпечити якість, точність і безпечність виконання робіт, узгодженість з іншими видами інженерних вишукувань, а також правову захищеність результатів знімання у процесі проектування й реалізації об'єкта. Для будівництва житлового будинку в умовах гірської місцевості така нормативна чіткість особливо важлива, оскільки дає змогу врахувати природні обмеження та звести до мінімуму ризику, пов'язані з невірною інтерпретацією рельєфу, зсувонебезпечністю або неточним розташуванням об'єкта.

2.2 Основні види та методи топографічного знімання та особливості їх застосування у гірській місцевості

Топографічне знімання – це процес збору просторової інформації про рельєф місцевості, природні та штучні об'єкти, інженерні мережі й особливості забудови. В умовах гірської місцевості воно відіграє особливо важливу роль, оскільки дозволяє врахувати складний рельєф, зсувонебезпечні ділянки, водотоки, круті схили та інші природні особливості, що безпосередньо впливають на прийняття технічних рішень щодо розміщення будівель і споруд.

У сучасній практиці топографічного знімання застосовуються різні методи збору геопросторової інформації, вибір яких залежить від особливостей ділянки, необхідної точності, обсягу робіт і наявних технічних засобів.

Найпоширенішим методом у гірській місцевості є тахеометричне знімання (рис. 2.1) . Воно забезпечує високу точність і деталізацію, дозволяє оперативно фіксувати положення характерних точок місцевості як у плані, так і по висоті. Використання електронного тахеометра в гірських районах дає змогу ефективно долати складні рельєфні перепади й уникати необхідності в надмірній кількості допоміжних вимірювань.



Рисунок 2.1 – Виконання тахеометричного знімання у гірській місцевості

Там, де доступ до супутникових сигналів не обмежений рельєфом або лісовими масивами, застосовується GNSS-знімання. Такий метод дає змогу визначати координати точок у глобальних геодезичних системах з достатньою точністю для створення знімальної основи або фіксації меж ділянки. У реальних умовах гірської забудови GNSS-знімання часто комбінується з тахеометричним, особливо в місцях, де видимість супутників порушується.

В останні роки все ширше застосовують аерофотознімання з використанням безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Цей метод забезпечує охоплення великих площ за короткий час і дозволяє створювати високоточні цифрові моделі рельєфу (ЦМР), ортофотоплани та 3D-моделі місцевості. У гірській місцевості, де пересування людей обмежене або небезпечне, аерознімання стає незамінним інструментом (рис. 2.2). Водночас його застосування потребує ретельної підготовки: планування маршрутів, врахування погодних умов, а також подальшої обробки великих обсягів зображень у спеціалізованому програмному забезпеченні.



Рисунок 2.2 – Топозйомка з використанням БПЛА

Для визначення висот між точками, особливо при створенні висотної основи або під час нівелювання проєктних відміток фундаменту, активно застосовується геометричне нівелювання. Цей метод забезпечує найвищу точність у фіксації перепадів висот і є ключовим на етапі вертикального планування ділянки. У гірській місцевості, де помилки в оцінці ухилів можуть спричинити значні будівельні ускладнення, нівелювання набуває особливого значення.

Кожен із методів має свої переваги та обмеження. Наприклад, тахеометричні методи забезпечують найкращу деталізацію ситуації, тоді як метод GNSS-спостережень ефективніші на відкритих просторах.

У гірських районах часто використовують комбіновані знімання. Комбінування методів – обов'язковий підхід до знімання в складних умовах. Поєднання GNSS-технологій для створення вихідної мережі, тахеометрії для деталізації та нівелювання для визначення перепадів висот дає можливість створити повноцінний, точний і актуальний топографічний план. Він лягає в основу проєктної документації, впливає на вибір типу фундаменту, інженерного захисту, систем водовідведення та під'їзду.

Гірська місцевість є однією з найскладніших зон для виконання топографо-геодезичних робіт, оскільки поєднує у собі цілу низку природних і технічних

чинників, які істотно впливають на технологію знімання, вибір обладнання, організацію польових процесів та подальшу обробку даних.

Насамперед особливості гірської місцевості проявляються у рельєфі. Схили, круті укоси, западини, ущелини, а також великі перепади висот вимагають застосування високодетального знімання з щільним розташуванням пікетів. У таких умовах зростає важливість точного визначення висотних координат, оскільки будь-які спрощення або ігнорування мікрорельєфу можуть призвести до помилок у подальшому проєктуванні фундаментів, дренажних систем чи під'їзних шляхів.

Гірські райони також часто характеризуються щільною рослинністю, яка суттєво обмежує видимість і ускладнює роботу як із тахеометром, так і з GNSS-обладнанням. У таких умовах геодезістам доводиться вручну прокладати візирні лінії, розчищати просіки, а в особливо важкодоступних ділянках – здійснювати знімання за допомогою опосередкованих методів (наприклад, з використанням додаткових точок-засічок).

Ще одна критична особливість – недоступність або ускладнене пересування по деяких ділянках місцевості. Це стосується крутих обривів, заболочених улоговин, зсувонебезпечних ділянок. В таких умовах традиційне знімання на місцевості іноді є небезпечним для виконавців. У таких випадках зростає роль дистанційних методів, зокрема аерознімання з БПЛА, які дозволяють без фізичного доступу до певної ділянки отримати необхідні дані з достатньою точністю.

Висока ймовірність змін погоди також впливає на виконання робіт. Часті дощі, туман, обмежена тривалість світлового дня, особливо в осінньо-зимовий період, вимагають чіткого планування кожного виходу в поле. Геодезичні роботи часто доводиться переривати або коригувати за обставинами, а отже важливо мати гнучку організаційну схему виконання знімання.

Особливе значення в гірській місцевості має знімальна геодезична основа. Розміщення опорних пунктів з урахуванням стабільності ґрунту, їх закріплення в умовах обмеженого простору й обмеженої видимості вимагає ретельного

попереднього аналізу топографічної ситуації. У разі застосування GNSS-методів важливо передбачити мультичастотні приймачі, які дозволяють працювати в умовах часткового перекриття неба.

Ще одним важливим аспектом є висотна підготовка: формування цифрової моделі рельєфу, визначення крутизни схилів, напрямків стоку води, аналіз зсувної небезпеки. Ці параметри відіграють ключову роль при розробці проєктної документації для забудови. Саме в гірських умовах виникає потреба у комплексному підході до знімання, де поєднуються геодезичні, геологічні та гідрологічні дослідження.

Варто також зважати на юридичні та екологічні обмеження, які діють у гірських регіонах. Часто такі території мають статус природоохоронних зон, що вимагає спеціального дозволу на виконання зйомки. Крім того, під час знімання необхідно максимально зберігати природне середовище, не пошкоджуючи рослинність і не порушуючи природного стоку води.

Таким чином, виконання топографічного знімання в гірській місцевості потребує не лише високого професіоналізму виконавців, але й глибокого розуміння специфіки регіону, адаптації технологій до умов рельєфу, а також використання сучасного обладнання, здатного працювати в екстремальних умовах. Комплексний підхід до збору просторових даних у таких умовах дозволяє забезпечити належний рівень точності та надійності геодезичної інформації, що має важливе значення для планування та будівництва індивідуального житлового будинку.

2.3. Підготовка до проведення топографо-геодезичних вишукувань та вибір масштабу знімання

Підготовчий етап відіграє ключову роль у забезпеченні ефективності, точності та безпеки топографо-геодезичних робіт, особливо в складних умовах гірської місцевості. Саме в ході попередніх дій закладається основа для якісного виконання польового знімання, мінімізації ризиків та зменшення витрат часу й ресурсів.

Першочерговим завданням підготовчого етапу є вивчення вихідних матеріалів, що включає аналіз наявних топографічних карт, планів забудови, кадастрових даних, супутникових знімків та геоінформаційних ресурсів. Цей аналіз дозволяє отримати уявлення про характер рельєфу, наявність комунікацій, типи ґрунтів, розміщення природних та штучних об'єктів. У гірських районах така інформація є вкрай цінною, оскільки дозволяє виявити потенційно небезпечні або важкодоступні ділянки ще до виходу в поле.

Далі виконується виїзне рекогностування території, під час якого фахівці здійснюють попередній огляд місцевості. Це дозволяє уточнити можливості доступу до об'єкта, оцінити умови видимості між точками, вибрати місця для встановлення тимчасових або постійних геодезичних знаків. У гірській місцевості важливо виявити природні перешкоди: густу рослинність, скельні виступи, водотоки, зсувонебезпечні зони. За результатами рекогностування формується маршрут знімання, визначаються точки спостережень і підходи до них.

Не менш важливим є розроблення технічного завдання (ТЗ), яке деталізує обсяг і характер робіт, встановлює вимоги до масштабу та точності знімання, визначає координатну й висотну систему, в якій буде виконано план. У проєктах індивідуального будівництва в гірській місцевості ТЗ часто передбачає створення топографічного плану в масштабі 1:500 або 1:200, що дозволяє з достатньою точністю врахувати деталі рельєфу та особливості забудови.

Важливою складовою підготовки є перевірка та калібрування обладнання. У гірських умовах, де немає швидкого доступу до сервісних центрів, необхідно переконатися в справності тахеометрів, GNSS-приймачів, нівелірів, цифрових контролерів, а також наявності запасних батарей, зарядних пристроїв, польових журналів. Особливу увагу слід приділяти калібруванню компенсаторів та перевірці точності горизонтального і вертикального коліматорів приладів.

Окрему увагу приділяють логістиці та організації транспортування. Гірські райони, як правило, мають обмежену дорожню інфраструктуру, що ускладнює

доступ до ділянки знімання. Важливо заздалегідь визначити маршрути під'їзду до основних точок, передбачити використання позашляхового транспорту або піших підйомів з відповідним екіпіруванням.

Також необхідно узгодити з місцевими органами влади, землекористувачами або представниками громади можливість проведення вимірювань на приватних або обмежених територіях. У деяких випадках (наприклад, при розташуванні об'єкта в природоохоронній зоні) потрібно отримати дозвільні документи.

Підготовчий етап завершується розробкою схеми організації робіт: складається графік польового знімання, розподіляються обов'язки між членами бригади, формуються комплекти документації для польового використання – знімальні журнали, графічні схеми, шаблони обмінних файлів тощо.

Таким чином, ретельна підготовка є запорукою успішного виконання топографо-геодезичних вишукувань у складних умовах гірської місцевості. Вона дозволяє уникнути багатьох помилок і непередбачених ситуацій, а також забезпечує високу якість кінцевого результату – топографічного плану, який стане основою для подальшого проєктування житлового будинку.

Вибір масштабу топографічного знімання є одним з ключових рішень на етапі підготовки до геодезичних вишукувань, оскільки саме масштаб визначає ступінь деталізації, точність відображення об'єктів місцевості та можливості використання отриманих даних у проєктуванні. У випадку забудови ділянки в гірській місцевості це питання набуває ще більшого значення, оскільки складний рельєф, значні перепади висот та наявність численних природних об'єктів вимагають максимально точного картографічного відображення.

У загальному випадку масштаб знімання обирається з урахуванням призначення топографічного плану. Для розробки генерального плану індивідуального житлового будинку садибного типу, а також для визначення місця розташування фундаменту, прокладання інженерних мереж і вирішення питань вертикального планування, найчастіше застосовується масштаб 1:500

або 1:200. Вони дозволяють показати як рельєф, так і інженерну інфраструктуру з необхідною деталізацією.

У конкретному випадку виконання топографо-геодезичних вишукувань у с. Мислівка Вигодської громади Калуського району було прийнято масштаб 1:500 як основний для побудови топографічного плану. Цей масштаб забезпечує достатню точність для опрацювання індивідуального проєкту забудови, дозволяє зобразити не лише основні елементи рельєфу, а й точне розташування існуючих об'єктів – дерев, доріжок, струмків, господарських споруд, підпірних стінок тощо.

Окрім того, масштаб 1:500 є оптимальним компромісом між обсягом польових робіт і трудомісткістю обробки даних. Використання дрібнішого масштабу, наприклад 1:1000, у гірських умовах може призвести до втрати важливих деталей рельєфу або спотворення його конфігурації, особливо у випадках різких змін висот на короткій відстані. Водночас масштаб 1:200 потребує більшої щільності пікетування і більших затрат часу, тому застосовується лише на найкритичніших ділянках – у місцях передбачуваного розташування фундаментів або на об'єктах із надзвичайно складною топографією.

Важливим аспектом при виборі масштабу є нормативно-технічне регламентування. Відповідно до чинних інструкцій та стандартів, масштаб 1:500 відповідає вимогам до виконання вишукувань для проєктування об'єктів малоповерхового будівництва на обмежених ділянках. Він забезпечує середню планову точність положення точок не гіршу за $\pm 0,2$ м і висотну точність близько $\pm 0,1$ м, що цілком задовольняє потреби при формуванні проєктної документації.

У гірських районах, де природна складність рельєфу змушує ретельно контролювати ухили, розміщення підпірних конструкцій, організацію дренажу та під'їзду, така точність є критично важливою. Саме завдяки зніманням у масштабі 1:500 можливо отримати повноцінну цифрову модель рельєфу з

необхідним рівнем деталізації для моделювання зсувних процесів або проектування систем водовідведення.

Зрештою, вибір масштабу не обмежується лише технічними чи регламентними факторами – він тісно пов'язаний із економічними та організаційними умовами виконання робіт. Масштаб 1:500 дозволяє оптимізувати співвідношення трудових витрат і точності, особливо в умовах обмеженого бюджету приватного будівництва, де важливо досягти балансу між якістю знімання і витратами.

Таким чином, масштаб 1:500 був обґрунтовано обраний як найбільш доцільний для виконання топографо-геодезичних вишукувань на ділянці в гірській місцевості. Його використання забезпечило високий рівень достовірності отриманої інформації та створило надійну основу для подальшого проектування індивідуального житлового будинку з урахуванням усіх геоморфологічних особливостей території.

3 Комплекс топографо-геодезичних робіт при створенні картографічного матеріалу на територію будівництва у гірській місцевості

3.1 Характеристики приладів, якими виконувалися польові роботи під час топографо-геодезичних вишукувань в с. Мислівка

Під час виконання польових робіт у селі Мислівка для створення актуального топографічного плану масштабу 1:500 застосовувався GNSS-комплект Hi-Target V200 (рис. 3.1). Його використання було обумовлене потребою у швидкому та точному позиціюванні в реальному часі в умовах складного гірського рельєфу з обмеженим оглядом горизонту, значними перепадами висот та щільною рослинністю.



Рисунок 3.1 – GNSS-комплект Hi-Target V200

Hi-Target V200 – це сучасний RTK-приймач нового покоління, розроблений для професійного використання у сфері інженерної геодезії, кадастру та будівництва. Комплект включає:

- двочастотний багатосистемний GNSS-приймач (розрахований на роботу з усіма основними супутниковими системами: GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo);
- контролер з попередньо встановленим польовим програмним забезпеченням Hi-Survey Road;
- інтегрований модем з підтримкою мобільного інтернету та RTK-поправок через NTRIP-протокол;
- внутрішній IMU-модуль для компенсації нахилу віхи до $\pm 60^\circ$ без втрати точності.

Завдяки вбудованій антені та корпусу з підвищеною стійкістю до пилу, вологи та вібрації (ступінь захисту IP67), приймач добре пристосований для польової роботи у складних природних умовах, включно з гірською місцевістю Карпат.

Географічне розташування с. Мислівка (у долинах та на схилах гірських масивів) зумовлює нестабільний прийом GNSS-сигналів через затінення горизонту та рельєфні бар'єри. Попри це, приймач Hi-Target V200 впорався з цим завданням завдяки таким особливостям:

1. Висока чутливість GNSS-модуля: забезпечувалася стабільна фіксація сигналу від 20-30 супутників навіть при частковому затіненні. Зазвичай для отримання фіксованого рішення RTK було достатньо 15-20 секунд.

2. Технологія iRTK (інтелектуальне автоматичне позиціонування): дозволяла безперервно працювати під деревами, в умовах урізаної геометрії огляду, а також зменшувала час виходу на точку.

3. Інтегрований модуль IMU дозволив знімати точки на похилій місцевості, де неможливо було досягнути ідеального вертикального положення віхи (наприклад, на схилах або серед густої трави, чагарників чи біля огорож).

Під час робіт у Мислівці активно використовувався режим RTK через мобільну мережу 4G, що забезпечував приймання поправок від державної мережі постійно діючих референцних станцій System NET. Це виключало потребу в окремій базовій станції, економило час та дозволяло оперативно змінювати конфігурацію маршруту знімання.

Згідно з технічними характеристиками (табл. 3.1) Hi-Target V200 у режимі RTK забезпечує планову точність ± 8 мм + 1 ppm (відстань до бази в км) та висотну точність ± 15 мм + 1 ppm.

Таблиця 3.1

Технічні характеристики приймача Hi-Target V200

Параметр	Значення / Опис
Підтримувані GNSS-системи	GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo, QZSS, SBAS
Кількість каналів	800+
Точність у режимі RTK	$\pm(8$ мм + 1 ppm) по плану; $\pm(15$ мм + 1 ppm) по висоті
Точність у режимі статики	$\pm(3$ мм + 0.5 ppm) по плану; $\pm(5$ мм + 0.5 ppm) по висоті
Точність у режимі пост-обробки	$\pm(5$ мм + 0.5 ppm) по плану; $\pm(8$ мм + 0.5 ppm) по висоті
IMU компенсація нахилу	До $\pm 60^\circ$, точність компенсації — 2–3 см
Початок фіксації RTK (TTFF)	~10–15 секунд після запуску
Інтерфейси передачі даних	Bluetooth, Wi-Fi, USB-C, мобільний інтернет (SIM-карта, LTE, 3G, 2G)
Передача поправок	RTCM 2.x/3.x, CMR/CMR+, NTRIP (VRS, MAX, FKP)
Підтримка RINEX	Так
Операційна температура	Від -30 °C до $+65$ °C
Автономна робота	До 15–20 годин безперервної роботи від внутрішнього акумулятора
Захист корпусу	IP67 (пилонепроникність, водостійкість, стійкість до падіння з 2 м)
Розміри та вага	~1.1 кг, діаметр 14 см, висота 10 см
Програмне забезпечення	Hi-Survey Road / Hi-Survey / SurPAD

У польових умовах Мислівки фактична точність позиціонування, підтверджена повторними вимірами та порівнянням із тахеометричними даними, становила 2-3 см в плановому положенні та до 5 см по висоті, що повністю відповідало вимогам до точності польових вимірювань для топографічного знімання в масштабі 1:500. Для підтвердження точності на ділянці були закладені контрольні точки, координати яких визначались повторно різними методами.

Hi-Target V200 комплектується інтуїтивним мобільним додатком Hi-Survey Road, що дозволяє:

- легко змінювати режими роботи (RTK, статичний, швидке знімання);
- вводити кодові позначення об'єктів ситуації;
- будувати маршрут та бачити трек у реальному часі;
- здійснювати контроль точності й перегляд історії спостережень;
- експортувати результати у формати *.csv, *.dxf, *.rinex тощо.

У гірській місцевості, де часто виникала потреба оперативно реагувати на зміну умов, це дозволяло переключитися з тахеометричного ходу на GNSS-знімання в разі раптової втрати прямої видимості.

Використання Hi-Target V200 у Мислівці дозволило мінімізувати витрат часу та ресурсів на створення знімальної основи не зважаючи на складність рельєфу. Слід відзначити стабільність точності навіть при складних погодних умовах (туман, дощ, мінлива хмарність).

GNSS-комплект Hi-Target V200 RTK продемонстрував високу ефективність у польових умовах Карпатського регіону. Його використання дозволило суттєво зменшити тривалість польового етапу, забезпечити точність, необхідну для масштабного проектування, і впоратись із труднощами, притаманними гірській місцевості. Поєднання з тахеометричною зйомкою зробило комплект незамінним інструментом у топографо-геодезичних роботах на території с. Мислівка.

Знімання точок ситуації для подальшого створення топографічного плану масштабу 1:500 в селі Мислівка було виконане електронним тахеометром

Sokkia SET 550 RX (рис. 3.2). Цей інструмент обрано з огляду на поєднання високої точності, надійності та адаптивності до складних умов гірської місцевості. У поєднанні з GNSS-приймачем Hi-Target V200, тахеометр забезпечив високоточне знімання ситуації та рельєфу, особливо в місцях із частковим або повним перекриттям супутникового сигналу (ділянки під деревами, біля існуючих будівель або на ділянках зі складним рельєфом).



Рисунок 3.2 – Загальний вигляд електронного тахеометра Sokkia SET 550 RX

Тахеометр Sokkia SET 550 RX належить до серії компактних електронних тахеометрів середнього класу з кутовою точністю 5'' і можливістю вимірювання відстаней у режимі «без відбивача». Його технічні можливості (табл. 3.2) дозволяють виконувати знімання у важкодоступних умовах без необхідності встановлення відбивача безпосередньо на точці, що є суттєвою перевагою в гірській місцевості.

Надійна механіка та оптика дозволяють приладу працювати при температурних коливаннях і підвищеній вологості, що характерні для

кліматичних умов Івано-Франківської області, зокрема у селі Мислівка, яке розташоване на висоті понад 600 м над рівнем моря.

Таблиця 3.2

Основні характеристики тахеометра Sokkia SET 550 RX

Параметр	Характеристика
Кутова точність	5" (секунд)
Дальність безвідбивачевого режиму	до 200 м
Дальність з відбивачем	до 4 000 м
Точність вимірювання відстаней	$\pm(2 \text{ мм} + 2 \text{ ppm})$
Тип компенсатора	двовісний, автоматичний
Збереження даних	внутрішня пам'ять + можливість експорту через SD-карту
Живлення	Акумулятор до 16 годин роботи
Захист корпусу	IP66 (вологозахист, пилозахист)

Топографічне знімання у гірській місцевості створює підвищені вимоги до точності візування, стабільності установки приладу та чіткості реєстрації відбитого променя. У процесі роботи в Мислівці було виявлено кілька переваг електронного тахеометра Sokkia SET 550 RX:

- швидка і стабільна орієнтація на знімальні пункти, координати яких були визначені за допомогою GNSS-приймача Hi-Target. Орієнтування тахеометра виконувалося на два пункти з координатами, що дозволяло точно прив'язати систему координат приладу до СК-63;
- безвідбитковий режим забезпечив можливість знімати об'єкти в умовах обмеженого доступу (за парканами, під навісами будівель, поблизу крутих схилів та під кронами дерев). Це значно пришвидшило процес збору даних та дозволило мінімізувати переміщення по складному рельєфу;
- висока точність і стабільність вимірювань відстаней дозволила знімати ситуаційні деталі, дотримуючись вимог масштабу 1:500. Фактичні

похибки положення точок, визначених тахеометрично, при порівнянні з GNSS-даними, не перевищували 2-3 см у плані;

- інтерфейс і польове ПЗ тахеометра забезпечували зручну навігацію, реєстрацію точок з кодами, візуальний контроль за виконаними вимірюваннями та перевірку орієнтації в режимі реального часу. Навіть у складних умовах (різкий перепад висот, туман, змінне освітлення), тахеометр дозволяв ефективно орієнтуватися у просторі.

Знімання виконувалось із тимчасових пунктів, закоординованих GNSS-приймачем. З однієї станції проводилось знімання до 100–150 точок, що включали ситуаційні об'єкти (фундаменти, огорожі, мережі), характерні точки рельєфу (брівки укосів, вершини схилів) та інженерні елементи (люки, колодязі, опори зв'язку).

Окремі точки, на які не було прямої видимості, знімалися електронним тахеометром з використанням програми «недоступна точка».

Використання електронного тахеометра Sokkia SET 550 RX у гірській місцевості села Мислівка продемонструвало ефективність та надійність цього інструмента в умовах складного рельєфу. Завдяки поєднанню високої точності, безвідбиткового режиму та зручного інтерфейсу, було забезпечено якісне знімання ситуації та рельєфу відповідно до вимог масштабу 1:500. Робота з тахеометром стала важливим елементом комбінованої методики, що включала GNSS-знімання, та забезпечила комплексне охоплення території об'єкта.

3.2. Польові роботи під час виконання топографічного знімання комбінованим методом з використанням електронного тахеометра та приймача GNSS в селі Мислівка

Процес виконання топографо-геодезичних робіт на об'єкті в с. Мислівка є ключовим етапом, від якого залежить точність та повнота знімального матеріалу. Метою польового знімання було створення детального топографічного плану масштабу 1:500 для індивідуального житлового будівництва в умовах складного рельєфу. Враховуючи особливості місцевості

(значні перепади висот, наявність лісистих ділянок, інші будівлі та існуючі підземні комунікації) було прийняте рішення виконувати топографію комбінованим методом з використанням електронного тахеометра та GNSS-приймача.

До початку вимірювань було проведено рекогносцування території в межах ділянки, де заплановане будівництво. В процесі рекогносцування виявлені найкращі точки для розташування знімальної мережі. Особливу увагу при виборі точок геодезичної основи приділяли їх доступності та наявності відкритого горизонту для можливості координування за допомогою GNSS-приймача. Необхідною умовою була наявність видимості вздовж ліній візування між тахеометричними станціями. Роботи планувались із урахуванням часу доби, аби уникати сонячних відблисків, туману, зважаючи на метеорологічні прогнози для с. Мислівка.

Після рекогносцирування було організовано встановлення тимчасових знімальних пунктів у вигляді дерев'яних центрів з насічкою (рис. 3.3), які фіксувались у ґрунті за допомогою кілків. Пункти розташовувались так, щоб охоплювати територію будівництва та забезпечувати оптимальне перекриття знімального простору.

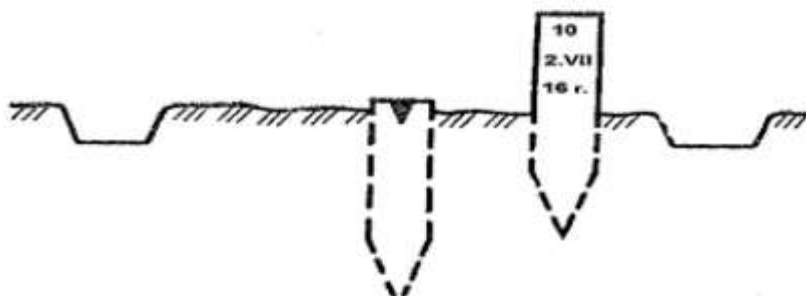


Рисунок 3.3 – Схема позначення і закріплення точки геодезичної основи тимчасовим знаком у вигляді дерев'яного кілка

Оснoву топографічного знімання складала локальна знімальна мережа, створена з використанням технології GNSS RTK (Real Time Kinematic). Для цього використовували сучасний багаточастотний GNSS-приймач Hi-Target

V200. Мобільний інтернет забезпечував приймання поправок від базових станцій геодезичної NRTK мережі System.NET. Такий підхід дозволив отримати координати точок знімальної геодезичної основи з точністю 2-3 см у плані та 4-5 см по висоті.

На кожній станції виконувалося орієнтування електронного тахеометра. Попередньо прилад центрували над точкою знімальної основи, після чого виконували орієнтування щонайменше на два суміжні пункти для підвищення надійності прив'язки. Цей етап забезпечував точну трансформацію знімальної системи координат у систему СК63.

Більшість точок ситуації під час польового знімання координувалися за допомогою електронного тахеометра Sokkia SET 550 RX у безвідбитковому режимі (рис. 3.4). Рельєфні точки знімалися тахеометром в режимі вимірювань на відбивач, встановлений на вісі. Висота тахеометра над точкою центрування та відбивача фіксувалися на кожній станції спостережень.



Рисунок 3.4 – Виконання тахеометричного знімання в с. Мислівка

Усі ситуаційні та рельєфні елементи фіксувалися в тривимірних координатах. Особливу увагу приділяли деталям забудови (фундаменти, кути будівель, огорожі), об'єктам інфраструктури (стовпи, люки, дренажні канали), а також точкам рельєфу (вершини та підшви укосів, лінії брівок, вершини

схилів та днища лощин). Тахеометричне знімання на кожній станції супроводжувалося веденням абрису – схематичним відображенням ситуації з вказаним розташуванням знімальних точок.

Для зйомки рельєфу застосовувалась методика ліній характерного профілю, що полягає у зніманні послідовних точок по лінії схилу з кроком, що змінювався в залежності від крутизни (від 2 до 5 м). Це дало змогу забезпечити рівномірне покриття рельєфної поверхні без перевантаження даними.

В умовах відкритого простору, де забезпечувалась добра видимість супутників, знімання велося безпосередньо за допомогою GNSS-приймача у режимі RTK. Цей підхід значно підвищив продуктивність робіт у порівнянні з тахеометричним зніманням. До того ж координування ситуаційних точок GNSS-приймачем виконував один спостерігач тоді, як тахеометричні вимірювання вимагали участі двох спеціалістів.

GNSS-знімання дозволило також швидко зафіксувати ситуаційні об'єкти, які не потрапляли в зону видимості тахеометра.

Перед початком вимірювальних робіт здійснювалася перевірка робочих інструментів: калібрування тахеометра, перевірка вертикальності осі, тестування точності RTK-приймача.

Контроль точності забезпечувався шляхом перевірки повторних вимірів на контрольних точках з різних станцій стояння тахеометра, порівняння GNSS-координат точок з координатами, визначеними електронним тахеометром. Допустима різниця координат не перевищували встановлені нормативні значення.

У разі виявлення значних розбіжностей дані повторно перевірялися або відбраковувалися як помилкові.

Польові вимірювання проходили на фоні типових для гірської місцевості ускладнень: обмежений огляд, нерівний рельєф, нестабільна погода. Вологий ґрунт та похилі ділянки вимагали додаткового закріплення інструменту, щоб уникнути мікрозсувів ніжок штативу. Незважаючи на труднощі, комбінована методика топографічного знімання дозволила ефективно охопити всю

територію в районі об'єкту будівництва з високим ступенем точності та деталізації.

3.3. Камеральне опрацювання матеріалів комбінованої тахеометричної зйомки та створення цифрового картографічного матеріалу

Камеральне опрацювання є завершальним етапом топографо-геодезичних вишукувань, під час якого здійснюється обробка, перевірка, систематизація та візуалізація результатів польових вимірювань. Координати точок, отриманих за результатами комбінованого знімання в с. Мислівка, були перенесені до середовища AutoCAD для побудови цифрового топографічного плану масштабу 1:500.

Першим етапом стало зведення польових вимірювань до єдиного формату. Дані з GNSS-приймача експортувалися у форматі *.txt із вказанням кодів об'єктів, координат у системі СК63, а також висот у Балтійській системі. Паралельно з тахеометра на ПК були передані координати точок тахеометричного знімання.

Перед імпортом даних координат в AutoCAD здійснювалась перевірка на наявність дублювань, пропусків або помилок кодування. Паралельно виконувався поділ точок на ситуаційні та рельєфні. Ситуаційні – ті, координати яких отримані в результаті тахеометричного знімання в безвідбитковому режимі. Вони не беруть участі при створенні цифрової моделі рельєфу, а слугують виключно для відображення елементів ситуації. На відміну від них рельєфні точки використовуються під час побудови горизонталей на цифровому топографічному плані.

Для побудови цифрового плану використовувалося середовище AutoCAD Civil 3D із підключенням додатку GeoniCS. Імпорт координат здійснювався з використанням функції «Point Import», де використовувалися шаблони імпорту з відповідною структурою стовпців: точка-код-координати XYZ. Всі пункти знімання були імпортовані у шар «Точки зйомки» з прив'язаними підписами.

Важливим етапом було розподілення об'єктів за тематичними шарами (layers). Так на цифровому топографічному плані ділянки в с. Мислівка (додаток А) наявні наступні шари:

- границі існуючих будинків знаходяться у шарі «Будівлі»;
- під'їзні шляхи та доріжки у шарі «Дороги»;
- комунікації у вигляді водопроводів, підземного кабелю, ліній електропередачі, каналізації у шарі «Мережі»;
- укріплені схили у східній частині ділянки у шарі «Відкоси»;
- паркани у шарі «Огорожі»;
- колодязі для доступу до підземних комунікацій у шарі «Колодязі»;
- трав'яний покрив та дерева у шарі «Рослинність»

Поділ на шари дозволив забезпечити зручність редагування, аналізу та створив можливість подальшого експорту в інші ГІС-системи для виконання робіт з проектування.

Після розташування точок на кресленні за координатами здійснювалася векторизація ситуації. За кодами та розташуванням точок створювалися лінії парканів, фасадів будівель, дорожнього покриття, каналів, доріжок, опор, трубопроводів, колекторів, тощо. В AutoCAD використовувалися полілінії з прив'язкою до координат точок, при цьому для відображення об'єктів використовувалися умовні знаки для топопланів масштабу 1:500, що вимагаються [5].

Цифровий план (додаток А) оформлювався згідно з вимогами [2] та [3]. Після оформлення креслення зберігалось в кількох форматах:

- *.dwg – для редагування;
- *.pdf – для друку та подання замовнику;
- *.dxf – для імпорту в сторонні ГІС-програми;
- *.xml або *.landxml – для передачі в інженерно-проектні платформи.

На заключному етапі проводився візуальний та цифровий контроль знімального матеріалу на предмет наявності неузгоджених кутів, висячих ліній,

дублювання точок. Перевірялась відповідність розміщення об'єктів реальній ситуації.

Контроль виконувався як автоматичними засобами (засоби перевірки в Civil 3D), так і вручну на основі знімків, нотаток з польового журналу та абрисів.

Камеральна обробка матеріалів комбінованої тахеометричної зйомки із застосуванням програмного забезпечення AutoCAD дозволила створити повноцінний цифровий топографічний план масштабу 1:500, який повністю відповідає вимогам до проектно-документації для індивідуального житлового будівництва. Завдяки гнучкості AutoCAD та точності вихідних вимірювань, план включає не лише точну ситуацію та рельєф, але й відповідає вимогам сучасного містобудування, що особливо важливо у складних умовах гірської місцевості, таких як село Мислівка.

Створення генерального плану території майбутнього будівництва житлового будинку садибного типу було важливим етапом проектно-планувальних робіт, що базуються на результатах топографо-геодезичних вишукувань. Основою для цього процесу є топографічна зйомка масштабу 1:500 (додаток А), виконана на ділянці у межах села Мислівка, що розташоване на гірській території Вигодської територіальної громади Івано-Франківської області. Детальний топографічний план дає можливість отримати достатньо детальне уявлення про конфігурацію рельєфу, розташування існуючих об'єктів, інженерних мереж, елементів благоустрою та інших ситуаційних елементів, що мають значення при плануванні забудови.

Створення генерального плану (додаток В) передбачало детальне опрацювання топографічної основи з урахуванням існуючих природних умов і обмежень, зокрема рельєфу, напрямків водовідведення, орієнтації сторін світу, місцезнаходження прилеглих об'єктів нерухомості, дорожньої інфраструктури та зелених насаджень. Основною задачею було розміщення проекрованої будівлі у гармонії з навколишнім середовищем, із дотриманням будівельних,

санітарних і протипожежних норм, а також з урахуванням зручності під'їзду, інсоляції та естетичних параметрів.

Проектний житловий будинок було заплановано на схід від існуючої двоповерхової будівлі, як одноповерхову споруду садибного типу з орієнтацією головного фасаду на схід. Це забезпечує оптимальну інсоляцію основних житлових приміщень, зокрема вітальні, дитячої та кухні. Орієнтація будівлі обиралась з урахуванням природного схилу ділянки, що плавно спадає у східному напрямку. Така конфігурація дає змогу природно організувати поверхневий стік дощових і талих вод у напрямку пониження, що значно полегшує організацію системи водовідведення.

Прив'язка проектної будівлі до існуючого двоповерхового будинку (додаток Б) на тій же ділянці здійснювалась із врахуванням реального розташування меж суміжних земельних ділянок, наявності існуючих нежитлових будівель, доріг і сервітутів. Особлива увага приділялась дотриманню санітарно-захисних відстаней до сусідських споруд, зокрема господарських будівель, туалетів, колодязів і зелених насаджень. Відстань від головного фасаду нового будинку до найближчої межі сусідньої забудови становила не менше 3 м, що відповідає чинним державним будівельним нормам.

При формуванні генерального плану були враховані параметри під'їзного шляху, для чого використана існуюча асфальтована дорога на південь від ділянки, від якої запроектовано під'їзд до будинку з мінімальним втручанням у існуючий рельєф. Запроектовано майданчик для автомобіля з твердим покриттям між існуючою та проектною будівлями, що не перешкоджає руху по ділянці та не суперечить збереженню природної дренажної функції ґрунтів. Крім того у східній частині запроектованої будівлі запланована тераса, з якої буде вихід до невеликої штучної водойми. Для зручності пересування на ділянці запроєтовано мережу пішохідних доріжок з вечірнім освітленням.

Сам проект будівлі було розміщено з урахуванням доступу до інженерних комунікацій, які у перспективі планується під'єднати до централізованих або

локальних систем водопостачання, каналізації та електропостачання. В межах ділянки також зарезервовано місце для облаштування відпочинкової зони – можливого розміщення дерев'яної альтанки, гойдалки, чану. Зелені насадження, що вже є на території, не потребують видалення, оскільки були інтегровані у загальну схему благоустрою, що передбачає максимальне збереження природного вигляду ділянки.

Цифрове розпланувальне креслення було виконане у середовищі AutoCAD на основі векторизованої топографічної основи. Проектна будівля наносилась відповідно до координатної прив'язки з чітко визначеним нульовим рівнем підлоги (відміткою ± 0.000), який було встановлено на основі аналізу середньої позначки ділянки у системі нормальних висот Балтійського походження. Розміри будинку, його контури, а також планова прив'язка було нанесено з точністю до 1 см, з урахуванням координатної сітки та нанесених меж землекористування. На розпланувальному кресленні також зазначено точки відліку, умовні позначення, масштаби та інформаційний блок із техніко-економічними показниками забудови.

Таким чином, генеральний план, розроблений на основі актуальної топографічної зйомки, не лише відображає просторове рішення забудови, а й виступає інструментом координації між проектними, архітектурними та виконавчими етапами будівництва. Прив'язка до існуючої будівлі забезпечує відповідність проекту реальним умовам території.

Висновки

У процесі виконання бакалаврської було проведено комплексне дослідження особливостей організації та виконання топографо-геодезичних вишукувань для потреб будівництва індивідуального житлового будинку в умовах гірської місцевості на прикладі села Мислівка Івано-Франківської області. Розглянуто всі етапи виконання геодезичних робіт: від аналізу природно-кліматичних, інженерно-геологічних і нормативних умов до польових вимірювань і камерального опрацювання результатів.

Перший розділ присвячено вивченню природно-кліматичних та інженерно-геологічних умов місцевості в районі виконання робіт. Також в розділі наведені результати топографо-геодезичних досліджень місцевості. Проаналізовано можливості використання GNSS-приймачів, електронних тахеометрів та БПЛА для топографічного знімання у гірській місцевості.

Особливості рельєфу на ділянці робіт, наявність високодеревної рослинності та будівель у межах досліджуваної території зумовили необхідність застосування комбінованої методики знімання з використанням GNSS-приймача Hi-Target V200 RTK та електронного тахеометра Sokkia SET 550 RX. Це дозволило забезпечити високу точність вимірювань навіть на складних ділянках з обмеженою видимістю та значним перепадом висот. У результаті отримано топографічну основу масштабу 1:500, яка стала підґрунтям для подальшого проєктування.

Використання сучасних програмних засобів, зокрема AutoCAD, дало змогу якісно виконати камеральну обробку даних, побудувати цифрову модель місцевості, сформувати топографічний план та розробити генеральне розпланування на ділянці майбутньої забудови.

Загалом результати роботи підтверджують доцільність застосування сучасних геодезичних технологій у складних природних умовах і доводять, що детальна топографічна зйомка є необхідною передумовою якісного та безпечного проєктування об'єктів індивідуального житлового будівництва в гірській місцевості.

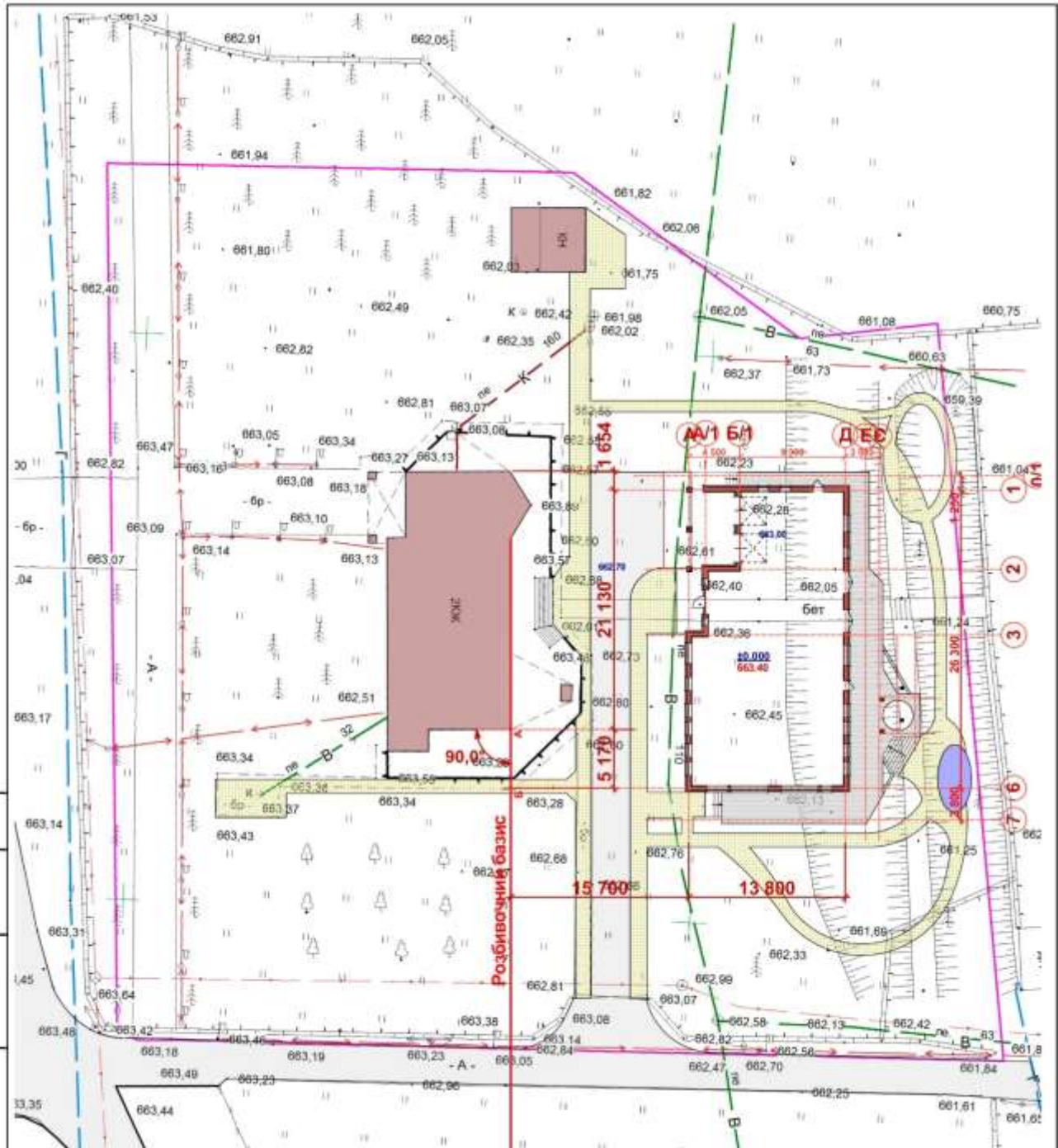
Список використаних джерел

1. ДБН А.2.1-1:2014 "Інженерні вишукування для будівництва".
2. Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98).
3. ДБН В.1.3-2:2010 Геодезичні роботи в будівництві.
4. Закон України "Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність".
5. Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. Київ: Міністерство екології та природних ресурсів України, 2001.
6. Баран П.І. Топографія та інженерна геодезія: підруч. для студ. геодез. та негеодез. спец. ВНЗ / П.І. Баран, М.П. Марущак. – К.: Знання України, 2015. – 463 с.
7. Технічний паспорт GNSS-приймача Hi-Target V200 RTK. – Офіційний сайт Hi-Target: <https://en.hi-target.com.cn>.
8. Посібник користувача електронного тахеометра Sokkia SET 550 RX. – [PDF-документ] – Режим доступу: <https://www.sokkia.com>.
9. Войтенко С.П. Інженерна геодезія: Підручник / С.П. Войтенко. — 2-ге вид., виправл. і допов. — К. : Знання, 2012. — 574 с.

Топографічний план масштабу 1:500 ділянки в с. Мислівка, де виконувались топографо-геодезичні вишукування



Генплан житлового будинку в с. Мислівка



Бібліографічна довідка

Тема бакалаврської роботи «Особливості виконання топографо-геодезичних вишукувань для будівництва індивідуального житлового будинку садибного типу в гірській місцевості».

Обсяг пояснювальної записки 48 аркушів, 9 рисунків, 2 таблиці.

Перелік графічних додатків:

1. Топографічний план масштабу 1:500 ділянки в с. Мислівка, де виконувались топографо-геодезичні вишукування.
2. Розпланувальне креслення будівництва індивідуального житлового будинку садибного типу в с. Мислівка Івано-Франківської області.
3. Генплан житлового будинку в с. Мислівка.

23.06.2025 р.

_____ Халенко Г. Б.