



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Чорноморський національний університет
імені Петра Могили

Кафедра управління земельними ресурсами

Лектор Віталій Миколайович

Геодезичні вишукування для лінійних споруд
на здобуття ступеня вищої освіти бакалавр
галузі знань 19 «Архітектура та будівництво»
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»
за освітньо-професійною програмою «Геодезія та землеустрій»

Науковий керівник:
Перович С.М., д.т.н професор

Рецензент: ТОВ «Миколаївський
Земельно-Кадастровий інститут»

Миколаїв 2025

Зміст

Зміст.....	2
Вступ	3
Розділ 1 Теоретичні основи геодезичних вишукувань трас інженерних лінійних споруд	12
1.1. Поняття та значення геодезичних вишукувань у будівництві лінійних споруд	12
1.2 Нормативно-правові акти, що регулюють геодезичні вишукування лінійних споруд	15
1.3 Висновки та рекомендації	17
Розділ 2 Методи та засоби проведення польових та камеральних робіт при лінійному трасуванні	19
2.1 Польове трасування об'єктів лінійних споруд	19
2.2. Камеральні роботи	22
Розділ 3 Практична реалізація процесу лінійного трасування	28
Висновок	47
Список Літератури	49

Вступ

Геодезія — це наука, що вивчає методи вимірювання і відображення на планах і картах частин земної поверхні, а також визначення положення об'єктів на місцевості в певній системі координат. Основним завданням геодезії є отримання просторової інформації для потреб картографування, будівництва, землеустрою, транспорту, природоохоронної діяльності, військової справи тощо.

Геодезія — це комплексна галузь знань, що охоплює вивчення форми та розмірів Землі, визначення просторового положення об'єктів та створення картографічних і цифрових моделей місцевості. З розвитком технологій геодезія поділилася на низку спеціалізованих напрямів, кожен із яких має свою мету, методику та сферу застосування.

Виділяються наступні основні напрямки:

1. Вища геодезія

Вища геодезія — це фундаментальний напрям геодезичної науки, що вивчає фігуру, розміри Землі та гравітаційне поле планети. Цей напрям охоплює створення опорних геодезичних мереж, побудову глобальних і регіональних систем координат, вивчення геодинаміки та точне позиціонування в межах земної кулі.

Методи вищої геодезії:

- Астрономо-геодезичні методи передбачають визначення координат точок місцевості шляхом спостереження за небесними світилами, зокрема Сонцем і зорями. Такі методи використовуються для уточнення положення опорних пунктів і створення локальних координатних систем. Їхнє застосування описано у підручнику під ред. С. П. Войтенка [Войтенко, с. 112].
- Триангуляція високого порядку — метод створення опорних мереж шляхом побудови систем трикутників з точними вимірюваннями сторін і кутів. У класичному вигляді використовувався в XX ст. для геодезичного забезпечення національних картографічних проєктів.

Добавлено примечание ([S1]): Не треба виділяти і так далі

- Гравіметрія — вимірювання сили тяжіння в різних точках земної поверхні для вивчення внутрішньої структури Землі, геоїда та уточнення положення референц-еліпсоїда. Застосовується у фізичній геодезії.
- Супутникові методи в глобальному масштабі — GNSS-мережі, VLBI, DORIS, що дозволяють визначати зміщення тектонічних плит, осідання континентів, полюсові коливання.
- Геодинамічні спостереження — вивчають зміни положення геодезичних пунктів унаслідок сейсмічної активності, рухів літосферних плит, коливань Земної кори.

Вища геодезія формує основу для всієї системи просторових координат, які використовуються в інших напрямках — топографії, кадастрі, інженерній геодезії. Як підкреслює Мартинов С. В., «саме завдяки вищій геодезії ми можемо інтегрувати локальні вимірювання у глобальні системи координат з високою точністю» [Мартинов, с. 42].

2. Топографія:

Топографія — це прикладний напрям геодезії, що вивчає способи відображення місцевості у масштабі на топографічних планах і картах. Основне завдання — створити детальне, точне зображення території з урахуванням рельєфу, ситуації, гідрографії, дорожньої мережі, інженерних споруд, ґрунтів, рослинності.

Методи топографічного знімання:

Тахеометричний метод — полягає у вимірюванні горизонтальних і вертикальних кутів та відстаней за допомогою тахеометра (механічного або електронного). Використовується для знімання невеликих територій у масштабах 1:500–1:2000. Як зазначає Зуска А. В., тахеометричне знімання є одним із найефективніших методів деталізації забудованої території та визначення просторового положення об'єктів з високою точністю [Зуска, с. 87].

Полярний метод — визначення положення точок за відстанню і напрямом від відомої базової точки. Ефективний у поєднанні з тахеометром.

ГНСС-знімання — супутникове знімання за допомогою GPS-приймачів для отримання координат точок у реальному часі (RTK) або після обробки (статично). Широко застосовується для масштабів 1:2000 і менших.

Аерофотознімання та дрон-знімання — знімання з повітря, з подальшою обробкою в фотограмметричному програмному забезпеченні (Pix4D, Agisoft). Створюється ортофотоплан, цифрова модель рельєфу (ЦМР), хмари точок.

Кожен метод має свої переваги залежно від типу місцевості, масштабу знімання та мети роботи. У сучасній практиці часто застосовується комбінований підхід — наприклад, тахеометрія для забудови, ГНСС для відкритої місцевості, дрон — для загального плану.

3. Інженерна геодезія

Інженерна геодезія — це прикладний напрям, що забезпечує геодезичне супроводження на всіх етапах життєвого циклу об'єктів: від передпроектних вишукувань до будівництва, моніторингу деформацій і експлуатації. Вона є невід'ємною частиною проектно-будівельного процесу в інфраструктурному, промисловому та цивільному будівництві.

Основні методи та задачі інженерної геодезії:

- Геодезичні вишукування — визначення рельєфу, ситуації, інженерних мереж і споруд перед проектуванням. Проводяться шляхом тахеометричних знімань, нівелювання, ГНСС-вимірювань. Вказується у ДБН А.2.1-1:2016 як обов'язковий етап інженерних вишукувань.
- Розбивка осей і конструктивних елементів — перенесення проектних рішень у натуру. Використовуються електронні тахеометри, лазерні рівні, GPS-пристрої. За Іщуком І. П., «розбивка є ключовою фазою, що визначає точність усього будівництва» [2, с. 311].
- Нівелювання та вертикальне планування — визначення висот, закладення проектних відміток, встановлення підземних і наземних реперів.

- Контроль геометрії — перевірка положення елементів споруди під час будівництва (відхилення від вертикалі, горизонтальності, планового положення). Здійснюється періодично або постійно.
- Спостереження за деформаціями — виконується при експлуатації об'єктів для виявлення осідань, кренів, прогинів. Методи: високоточне нівелювання, триангуляція, фотограмметрія, лазерне сканування.
- Цифрове моделювання та САПР — використовуються програми типу Civil 3D, CREDO, BIM-платформи для інтеграції геодезичних даних у проєктну модель.

Інженерна геодезія тісно пов'язана з будівельними нормами, правовими актами і стандартами. Як вказує Паламарчук М. І., «вона є тією ланкою, яка зв'язує геометрію проєкту з реальністю будівельного майданчика» [5, с. 140].

4. Космічна і супутникова геодезія

Цей напрям охоплює методи визначення положення об'єктів на поверхні Землі або в її гравітаційному полі з використанням штучних супутників, а також космічних обсерваторій. Він виник у середині XX століття і з того часу став основою для побудови глобальних координатних систем.

Методи супутникової геодезії:

GNSS (Global Navigation Satellite Systems) — визначення координат за допомогою приймачів GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou:

- Статичний метод — приймач встановлюється на точці на тривалий час, дані потім обробляються. Найвища точність (до мм).
- RTK (Real Time Kinematic) — координати визначаються в реальному часі відносно базової станції. Точність — до 1–2 см.
- DGNS — диференціальне GPS-позиціювання, де застосовуються поправки з базової станції. Переважно для технічного моніторингу.
- PPP (Precise Point Positioning) — глобальна технологія, що дозволяє отримувати точні координати без базової станції.

VLBI (Very Long Baseline Interferometry) — метод, у якому вимірюється різниця часу приходу радіосигналів із далеких квазарів до різних наземних антен. Використовується в наукових дослідженнях (формування ITRF).

DORIS (Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite) — визначає координати за ефектом Доплера, працює на супутниках SPOT.

Супутникова альтиметрія — застосовується для моніторингу рівня океану, льодовиків, деформацій кори Землі.

Ці методи дозволяють вирішувати широкий спектр завдань — від локальних (зйомка ділянки землі) до глобальних (спостереження тектонічних змін континентів). Як зазначає С. В. Мартинов, сучасна супутникова геодезія формує базу для створення глобального геопросторового простору, який забезпечує інтеграцію координатних даних у різних галузях діяльності [Мартинов, с. 243].

Українська геодезична школа має потужну традицію, що розвивалася ще з часів Київської Русі (обмір земель, межування). У XVIII–XIX ст. на території України діяли військово-топографічні підрозділи Російської імперії, які створювали триангуляційні мережі та топографічні карти.

У написанні роботи активно використовувалися роботи наступних авторів:

- Г. І. Денисенко — автор навчальних посібників з інженерної геодезії, один із засновників київської школи геодезистів. Його праці заклали теоретичний фундамент для інженерного забезпечення будівництва та визначення точності геодезичних вимірювань.
- Л. М. Перович — дослідник геодезичних приладів і методик, автор посібників з геодезичного забезпечення будівництва. Зокрема, його роботи містять важливі рекомендації щодо вибору та калібрування інструментів, а також методів забезпечення точності на будівельних майданчиках.
- М. І. Паламарчук — відомий український фахівець у сфері інженерних вишукувань для будівництва, співавтор ряду сучасних методичних рекомендацій. Його дослідження торкаються практичних питань організації вишукувань, аналізу профілів та забезпечення балансу земляних мас.
- С. В. Мартинов, О. В. Плахотнік — сучасні викладачі, які активно розвивають напрямки цифрової геодезії, лазерного сканування, супутникових вимірювань та ГІС-технологій. Їхні праці зосереджені на модернізації геодезичного процесу через впровадження цифрових моделей рельєфу, геоінформаційних систем та автоматизованого проектування.
- С. П. Войтенко (ред.) — науковий керівник авторського колективу

підручника «*Інженерна геодезія*» (2022), який об'єднує як класичні підходи до інженерних вишукувань, так і новітні технології — GNSS, цифрову обробку, САПР. Видання є чинним та рекомендованим для студентів спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій».

- А. В. Зуска — автор навчального посібника з інженерної геодезії, що висвітлює практичні аспекти виконання трасувальних робіт, створення геодезичних мереж, вертикального планування, з урахуванням сучасних приладів та методів.

Цей перелік охоплює як класичних, так і сучасних діячів, чийі роботи є фундаментальними або рекомендованими для вивчення, а також дозволяє забезпечити посилання на авторитетні джерела у твоїй дипломній роботі.

У сучасній Україні геодезія активно розвивається в межах реформування кадастрових систем, впровадження цифрових стандартів будівництва (BIM, цифровий генплан), а також при реалізації інфраструктурних проєктів, які потребують високоточних вимірювань.

У сучасному суспільстві, де зростає інтенсивність інфраструктурного будівництва, інженерні лінійні споруди — такі як автомобільні дороги, залізниці, трубопроводи, лінії електропередач та зв'язку — посідають ключове місце у формуванні функціонального простору країни. Саме вони забезпечують зв'язок між населеними пунктами, транспортну і виробничу логістику, енергозабезпечення та комунікаційні потреби. В умовах постійного технічного прогресу та урбаністичного зростання підвищуються вимоги не лише до технічного рівня будівництва, а й до точності, безпечності та економічної обґрунтованості проектних рішень.

Особливістю лінійних об'єктів є їхня значна протяжність, мінлива топографічна та геологічна структура траси, складні природні умови, що потребують високого рівня геодезичного супроводу на всіх етапах проектування та будівництва. Як зазначено в ДБН А.2.1-1:2016, інженерно-геодезичні вишукування є обов'язковою складовою процесу розробки проектної документації для будь-яких об'єктів будівництва, а особливо — для лінійних споруд, де точність координат і висот має визначальне значення.

Геодезичні вишукування відіграють центральну роль у забезпеченні

просторової точності проектних рішень. Вони включають комплекс заходів із збирання, аналізу, систематизації та представлення інформації про рельєф, гідрографію, інженерні мережі, ситуацію на місцевості, що безпосередньо впливає на вибір траси, параметри споруди, методи будівництва та експлуатаційні характеристики. Як зазначає Войтенко С. П., геодезичне забезпечення лінійних об'єктів охоплює весь життєвий цикл споруди — від вибору напрямку до контролю за її станом після здачі в експлуатацію.

Точність геодезичних вишукувань безпосередньо впливає на якість проекту, зменшення ризиків у реалізації будівництва, скорочення витрат на земляні роботи, а також на довговічність і безпеку споруд. Сучасні технології, такі як GNSS-системи, електронні тахеометри, фотограмметрія та лазерне сканування, істотно розширили інструментарій геодезиста та дозволяють виконувати дослідження з високою точністю та ефективністю навіть у складних умовах.

Метою даної дипломної роботи є вивчення теоретичних основ та практична реалізація геодезичних вишукувань для лінійних споруд, зокрема — процесу трасування траси на місцевості, виконання геометричного нівелювання, побудови поздовжнього профілю рельєфу та визначення проектної лінії з урахуванням ухилів. Робота спрямована на узагальнення нормативної бази, літературних джерел і напрацювання практичних навичок, необхідних для виконання професійних геодезичних завдань.

Актуальність теми зумовлена потребою у високоякісному геодезичному супроводі інфраструктурних проектів в Україні, що відповідає міжнародним стандартам, а також постійним удосконаленням методів вишукувань відповідно до розвитку геоінформаційних технологій та техніки.

Для досягнення поставленої мети дослідження було обрано поєднання теоретичних, аналітичних, розрахункових і графічних методів, що повністю відповідають сучасним вимогам до виконання інженерно-геодезичних робіт.

- Аналіз літературних джерел дозволив систематизувати ключові поняття та нормативні положення щодо геодезичних вишукувань для лінійних споруд. Такий аналіз створив основу для методологічної частини дослідження.
- Метод польового трасування було застосовано для збирання

фактичних даних щодо конфігурації траси, координат і висот точок, визначення ухилів, поворотів і відстаней. Його вибір обумовлений практичністю та відповідністю вимогам Інструкції з топографо-геодезичних робіт у будівництві (СОУ ГЕО 201:2016).

- Геометричне нівелювання обрано як найбільш точний метод визначення перевищень між точками, що особливо важливо при побудові поздовжнього профілю. Він дозволяє отримати надійні дані для подальших розрахунків та графічної побудови.
- Аналітичні розрахунки (визначення дирекційних кутів, перевищень, довжин, ухилів, елементів кривих) виконувались у табличній формі із застосуванням формул класичної геодезії, що забезпечило точність і логічну послідовність усіх дій.
- Графічні методи, зокрема побудова поздовжнього профілю, виконувались як вручну, так і за допомогою графічного редактора. Це дозволило наочно відобразити зміну рельєфу та зіставити проектні та фактичні лінії.
- Порівняльно-аналітичний метод застосовувався для інтерпретації отриманих результатів, виявлення можливих похибок і прийняття технічно доцільних рішень щодо трасування.

Загалом обрані методи забезпечили комплексність дослідження: від нормативно-правового обґрунтування до практичної реалізації, що відповідає сучасним підходам у підготовці інженерів-геодезистів.

У процесі підготовки цієї роботи було відібрано низку фундаментальних і прикладних джерел, які охоплюють повний спектр геодезичних знань — від теоретичних основ до практичних рекомендацій з виконання інженерно-геодезичних робіт. Обґрунтування вибору базується на академічній авторитетності джерел, їх відповідності чинним державним стандартам, а також на широкому використанні цих посібників у вищих навчальних закладах України.

Зокрема, підручники під редакцією С. П. Войтенка, А. В. Зуски та С. В. Мартинова стали методологічною основою для розгляду понять вищої та інженерної геодезії. Праці цих авторів мають гриф МОН України, регулярно перевидаються й слугують базовими у навчальних курсах технічних університетів.

Вони містять як ґрунтовний опис класичних методів (нівелювання, тахеометрія, побудова геодезичних мереж), так і адаптацію сучасних цифрових технологій — GNSS, фотограмметрії, лазерного сканування та геоінформаційних систем.

Нормативні документи — ДБН В.2.3-4:2015, ДБН А.2.1-1:2016, а також Інструкція з топографо-геодезичних робіт у будівництві — забезпечили правову й методичну основу для аналізу вимог до виконання геодезичних вишукувань, трасування, супроводу будівництва та обробки результатів. Ці нормативи є чинними, обов’язковими до виконання й використовуються при розробці проектної документації.

Посібники М. І. Паламарчука, С. В. Мартинова та С. П. Войтенка було обрано з огляду на їхню актуальність, практичну орієнтацію та адаптацію до реалій сучасного будівництва. Зокрема, у підручнику під редакцією Войтенка особливу увагу приділено використанню геоінформаційних систем, цифрових моделей рельєфу, супутникових технологій, що повністю відповідає вимогам сучасної геодезичної практики.

Таким чином, відібрана література створила всебічне інформаційне поле для аналізу як традиційних, так і інноваційних підходів у геодезії. Її поєднання дозволило забезпечити як академічну глибину дослідження, так і прикладну цінність для виконання практичних завдань інженерно-геодезичних вишукувань.

Розділ 1 Теоретичні основи геодезичних вишукувань трас інженерних лінійних споруд **Ошибка! Закладка не определена.**

1.1. Поняття та значення геодезичних вишукувань у будівництві лінійних споруд

Інженерна (прикладна) геодезія - один з основних напрямів сучасної геодезії. Вона вивчає методи геодезичних робіт, виконуваних при вишукуваннях, проектуванні, будівництві і експлуатації різних будівель і споруд, а також раціональному використанні і охороні природних ресурсів. У сучасній інженерній геодезії знаходять застосування новітні вимірювальні засоби, використовують останні досягнення у фізиці, механіці, електроніці, оптиці, обчислювальній техніці. Геодезичне забезпечення будівництва і експлуатації сучасних інженерних споруд пов'язане з необхідністю виконання точних вимірювань, для визначення координат і висот геодезичних пунктів, складання топографічних карт і планів, подовжніх профілів трас; спостереження за деформаціями споруд. Для забезпечення необхідної точності, вимірювання виконуються високоточними геодезичними приладами: теодолітами, нівелірами, електронними віддалемірами. Електронними тахеометрами виконують кутові і лінійні вимірювання з одночасним рішенням різних інженерно-геодезичних задач.

Геодезичні вишукування є невід'ємною частиною передпроектних і проектних робіт у будівництві інженерних лінійних споруд, таких як автомобільні дороги, залізниці, трубопроводи, лінії електропередач, зв'язку тощо. Основною метою геодезичних вишукувань є забезпечення точного просторового положення траси, вивчення особливостей рельєфу, визначення місцеположення об'єктів і природних перешкод, а також підготовка топографічної основи для проектування та будівництва.

Згідно з ДБН В.2.3-4:2015 [1] та ДБН А.2.1-1:2016 [2], інженерні вишукування мають забезпечити обґрунтування техніко-економічних рішень, надання повної та достовірної інформації про інженерно-геодезичні умови району будівництва, а також створення топографічних матеріалів, необхідних для проектування об'єктів.

Інженерні геодезичні вишукування поділяються на:

- Попередні вишукування, або рекогносцировка, включають збір та

Добавлено примечание ([52]): Не выделять и все далее

аналіз існуючих картографічних і геодезичних матеріалів, вивчення топографії, геології, гідрології та інших природних умов місцевості. На цьому етапі важливим є визначення доцільності проходження траси, з урахуванням техніко-економічних та екологічних факторів. Як зазначено у ДБН А.2.1-1:2016, «вишукування мають виконуватись з урахуванням вимог охорони навколишнього природного середовища та з метою раціонального використання території». На думку М. І. Паламарчука, рекогносцировка дозволяє комплексно оцінити рельєф місцевості, щільність та характер забудови, природні бар'єри і загальні технічні умови для розміщення лінійних об'єктів [Паламарчук, с. 239].

- Трасувальні вишукування полягають у винесенні осі проєктованої траси в натуру, виконанні розбивочних робіт та прив'язці до місцевості. На цьому етапі здійснюють закріплення пікетажу, визначення характерних точок і поворотів, а також знімання поздовжніх і поперечних профілів. За словами Мартинова С. В., «трасування включає точне визначення положення об'єкта на місцевості, враховуючи природні і штучні умови» [Мартинов С. В., с. 132]. Також важливо дотримуватись вимог ДБН В.2.3-4:2015, де зазначено, що «проектування трас повинно забезпечувати оптимальні умови для експлуатації і будівництва автомобільних доріг»;
- Детальні (робочі) вишукування забезпечують розробку топографічної основи великого масштабу (1:500 – 1:2000), що дозволяє врахувати всі деталі рельєфу та об'єктів місцевості. Саме на цьому етапі виконується високоточне знімання з урахуванням майбутніх інженерних рішень, зокрема для прокладання підземних комунікацій або будівництва мостів, тунелів тощо. У підручнику під ред. Войтенка С. П. зазначено: «детальні геодезичні вишукування забезпечують проєктувальника усією необхідною інформацією для точного визначення положення споруд, побудови профілю місцевості та виконання техніко-економічних розрахунків» [Войтенко, с. 361].
- Контрольні або моніторингові вишукування включають

спостереження за точністю виконання будівельно-монтажних робіт, відповідність фактичних параметрів проектним, а також виявлення деформацій споруд під час їх експлуатації. Цей етап особливо важливий для складних об'єктів (мости, дамби, тунелі). Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» вимагає: «ведення моніторингу деформацій інженерних споруд з метою попередження аварійних ситуацій» (ст. 6).

Таким чином, послідовність виконання геодезичних вишукувань забезпечує повноцінне інженерне обґрунтування проектних рішень, дозволяє уникнути технічних та економічних помилок, підвищити безпеку та надійність інженерних споруд. Кожен із етапів має чітке функціональне призначення, визначене чинними нормативами та підтверджене практикою фахових досліджень.

Методи геодезичних вишукувань залежать від цілей і масштабів проекту. Основні з них охоплюють як традиційні, так і високотехнологічні підходи:

- Тахеометричне знімання використовується як основний метод трасування і побудови поздовжніх та поперечних профілів. Як зазначає Зуска А. В., «тахеометричне знімання забезпечує одночасне отримання планових координат і висот точок, що дозволяє ефективно будувати цифрову модель місцевості» [Зуска, с. 82].
- Нівелювання застосовується для точного визначення перевищень між точками. Мартинов С. В. відзначає, що «нівелювання є базовим способом побудови профілю траси, особливо на ділянках зі складним рельєфом» [Мартинов С. В., с. 145].
- ГНСС-технології (GPS) дозволяють отримати координати з високою точністю, особливо при вишукуваннях великої протяжності. Як підкреслюється у підручнику під ред. Войтенка С. П., «поєднання супутникових технологій (GNSS) з електронними тахеометрами істотно підвищує точність і продуктивність польових геодезичних робіт» [Войтенок, с. 410].
- Фотограмметрія та лазерне сканування застосовуються для створення цифрових моделей місцевості. Як зазначає Мартинов С. В., «використання лазерного сканування дозволяє сформувати високоточну цифрову модель

рельєфу, що має ключове значення для проектування інженерних об'єктів у складних умовах» [Мартинів, с. 174]

Особливості геометрії лінійних споруд — їх значна протяжність і вузька смуга забудови — зумовлюють необхідність забезпечення безперервного геодезичного контролю на всьому протязі траси. Як підкреслено в ДСТУ Б В.2.3-28:2011, «для лінійних об'єктів важливо здійснювати безперервний контроль профілю місцевості та фіксувати всі перешкоди, перетини з іншими інженерними мережами, особливості рельєфу та ґрунтових умов».

Ключовим завданням інженерних вишукувань є побудова поздовжніх і поперечних профілів, які використовуються для визначення позначок земляного полотна, розрахунку обсягів земляних робіт, дренажу тощо. При цьому важливо забезпечити збереження реперів і пікетів, що є базою для подальшого винесення проекту в натуру. Як наголошує Паламарчук М. І., «вірогідність та точність геодезичних даних безпосередньо впливають на якість реалізації інженерних рішень» [Паламарчук М. І., с. 187].

1.2 Нормативно-правові акти, що регулюють геодезичні вишукування лінійних споруд

Регулювання геодезичних вишукувань у сфері проектування і будівництва лінійних споруд в Україні здійснюється низкою нормативно-правових актів, стандартів і технічних регламентів, що забезпечують правову, методичну та технічну основу для виконання робіт.

Основним законодавчим документом є Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність». У статті 5 цього закону визначено, що топографо-геодезичні роботи є обов'язковою складовою інженерних вишукувань для будівництва. Закон також вимагає використання сучасних методів знімання, ведення державного геодезичного кадастру, забезпечення точності вимірювань та моніторингу інженерних об'єктів. Стаття 6 підкреслює: «Геодезичні спостереження за деформаціями інженерних споруд проводяться у встановленому порядку для забезпечення безпеки».

Важливим нормативом є ДБН А.2.1-1:2016 «Інженерні вишукування для будівництва». Цей документ містить вимоги до змісту, обсягів і методів виконання геодезичних робіт. У розділі 3 прямо зазначено: «Інженерно-геодезичні

вишукування виконуються для забезпечення проектування, будівництва та експлуатації об'єктів, включаючи лінійні споруди», з акцентом на використання тахеометрії, нівелювання, GNSS-методів, фотограмметрії. Норматив також регламентує масштаб топографічних планів, точність вимірювань, вимоги до оформлення документації.

Значне значення має ДБН В.2.3-4:2015 «Автомобільні дороги. Частина I: Проектування». У ньому встановлено, що всі геодезичні вишукування повинні враховувати конфігурацію рельєфу, інженерно-геологічні особливості, наявність водотоків, штучних і природних перешкод. У пункті 5.2.4 цього документу вказано: «Профілі місцевості повинні відображати поперечні і поздовжні характеристики з точністю, достатньою для проектування земляного полотна та водовідведення».

ДСТУ Б В.2.3-28:2011 «Транспортні споруди. Лінійні об'єкти. Класифікація» надає визначення лінійним об'єктам, їх технічним характеристикам та особливостям вишукувань для них. Відповідно до стандарту, лінійні споруди характеризуються великою протяжністю та потребують створення детальної моделі місцевості на всьому протязі траси. Це безпосередньо впливає на вибір методів геодезичних вишукувань і технічних засобів.

Окрему увагу слід звернути на галузевий документ СОУ ГЕО 201:2016 «Інструкція з топографо-геодезичних робіт у будівництві». Вона є практичним посібником для інженерів-геодезистів, який містить вимоги до точності, організації польових робіт, обробки та подання результатів. Згідно з пунктом 2.1 цієї інструкції, «при геодезичних вишукуваннях для лінійних споруд повинна забезпечуватись безперервність знімання та можливість подальшого оновлення даних».

Також Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності» (статті 1 та 17) закріплює правові засади здійснення інженерних вишукувань у контексті планування територій та розміщення об'єктів будівництва. Зокрема, в статті 17 наголошено: «Інженерні вишукування є обов'язковими при розробці проектної документації на будівництво».

Таким чином, нормативно-правова база формує цілісну систему регулювання геодезичних вишукувань, де кожен документ виконує свою роль: законодавчі акти встановлюють загальні правила і вимоги, ДБН та ДСТУ

конкретизують технічні норми і стандарти, а галузеві інструкції регламентують практичні аспекти виконання робіт.

1.3 Висновки та рекомендації

У підсумку, геодезичні вишукування є базовим етапом підготовки до будівництва лінійних інженерних споруд, що забезпечує точність, надійність і безпечність реалізації проекту. Як підкреслюється у ДБН А.2.1-1:2016, "результати інженерних вишукувань мають бути достатніми для прийняття проектних рішень", що акцентує необхідність комплексного підходу до цього виду робіт.

Проведений аналіз літератури свідчить про глибоку взаємозалежність між нормативними вимогами (ДБН, ДСТУ, закони) та практичними аспектами (методи знімання, типи приладів). Зокрема, в роботі Мартинова С. В. [6] акцентовано: "якість виконаних геодезичних робіт безпосередньо впливає на ефективність усього будівельного процесу", що узгоджується з положеннями ДБН В.2.3-4:2015 щодо необхідності точного дотримання вимог на всіх етапах трасування.

Особливо важливою є якісна організація робіт на етапі побудови профілю місцевості, оскільки саме він слугує основою для проектування земляного полотна, систем водовідведення та інженерних споруд. Як зазначено у підручнику під ред. С. П. Войтенка, повздовжній профіль траси є ключовим елементом проектної документації, що визначає вертикальне планування лінійного об'єкта [Войтенко, с. 265].

У процесі трасування лінійних споруд слід віддавати перевагу сучасним методам збору просторової інформації — супутниковій геодезії (GPS, ГНСС), лазерному скануванню, що дозволяють зменшити час виконання робіт та підвищити точність даних.

Рекомендовано формувати технічні завдання на геодезичні вишукування відповідно до СОУ GEO 201:2016, залучаючи фахівців з відповідним досвідом та сертифікацією. Крім того, слід забезпечити ведення документації згідно з вимогами законодавства та державних стандартів, зокрема Закону України "Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність" [8].

Отже, успішне проектування та будівництво лінійних об'єктів напряму залежить від повноти, точності та нормативної узгодженості інженерно-геодезичних вишукувань. Ретельна підготовка на цьому етапі дозволяє уникнути

помилку, зменшити витрати та підвищити якість реалізованого інфраструктурного проекту.

Розділ 2 Методи та засоби проведення польових та камеральних робіт при лінійному трасуванні. **Ошибка! Закладка не определена.**

2.1 Польове трасування об'єктів лінійних споруд

Трасування — це геодезичний процес, що полягає у визначенні на місцевості положення осі майбутньої лінійної споруди відповідно до попередньо розробленого проекту. Як зазначає Зуска А. В., «трасування полягає у закріпленні в натурі осі проектованої лінійної споруди та її головних геометричних елементів відповідно до проектного положення» [Зуска, с. 104].

Польове трасування виконується у кілька взаємопов'язаних етапів, кожен з яких має власні цілі, методику та документацію:

- Рекогносцировка — попередній виїзд на місцевість з метою огляду та фіксації особливостей рельєфу, гідрології, наявності природних і техногенних перешкод. На цьому етапі виконується попередній вибір варіантів прокладання траси, уточнення можливих точок прив'язки до існуючих доріг, мереж тощо. Фіксуються орієнтири, характерні об'єкти, створюється фотодокументація.
- Попереднє трасування — винесення в натуру орієнтовної осі траси, прокладення візорних ліній, визначення точок поворотів та переходу від прямих до криволінійних ділянок. Закріплюються ключові пункти, які дозволяють оцінити реальні умови проектування та коригувати проектні рішення.
- Основне трасування — винесення в натуру точної осі проекту відповідно до затвердженої документації. Визначаються координати пікетів, плюсових точок, меж виїмки та насипу. Закріплення здійснюється стійкими знаками, ведеться пікетажний журнал. Саме на цьому етапі формуються основні вхідні дані для побудови поздовжнього профілю.
- Деталізація — нанесення додаткових точок (наприклад, поперечних перерізів), визначення меж забудови, інженерних мереж, точок перетину з природними об'єктами. Визначаються висотні позначки, проводиться проміжне нівелювання.
- Контрольне трасування — перевірка відповідності винесених в

натуру елементів проекту, обчислення допустимих відхилень. Уточнюються координати ключових точок, проводиться їхнє повторне вимірювання і контрольна зйомка. У разі виявлення похибок проводиться корекція винесення.

Вибір методу трасування залежить від складності об'єкта, технічного оснащення, характеру місцевості та точності, що вимагається. Виділяють такі методи:

- Метод координат — винесення точок траси за проектними координатами X і Y . Здійснюється за допомогою електронного тахеометра або GNSS-приймача. Метод дозволяє забезпечити найвищу точність та документальну фіксацію. Застосовується в проектах з високими вимогами до планової точності.
- Метод полярних координат — визначення положення точок за відстанню та дирекційним кутом від вихідної точки. Ефективний при прокладанні траси з обмеженою оглядовістю, коли неможливо бачити дальні точки напрямку. Можна реалізувати за допомогою класичного теодоліта або тахеометра.
- Метод прямолінійного візування — передбачає прокладання осі траси візуально за допомогою вішок, рулеток, далекомірів. Застосовується для відносно простих ділянок з рівнинним рельєфом. Метод є швидким, однак менш точним і залежить від погодних умов та досвіду виконавця.
- Метод лінійних і кутових побудов — полягає у побудові напрямів і поворотів траси з допомогою польових геометричних операцій: відкладення кутів, перпендикулярів, дуг. Часто використовується для прокладання криволінійних ділянок дороги або трубопроводу.
- Метод GNSS-навігації — базується на використанні супутникових систем визначення координат. У сучасній практиці цей метод поєднується з попередніми та використовується як для орієнтації, так і для точного позиціонування. Його застосування значно підвищує швидкість виконання робіт, однак потребує корекційних сигналів (RTK) для високої точності.

Метод	Переваги	Недоліки	Прилади
Координатний	Висока точність	Потребує GNSS або тахеометра	Тахеометр, GNSS
Полярних координат	Зручний на місцевості	Похибка зростає з відстанню	Теодоліт
Візування	Швидкість	Залежить від погоди	Вішки, рулетка
Лінійно-кутовий	Простота	Менш точний	Теодоліт
GNSS-трасування	Автоматизація, RTK	Потребує супутникового зв'язку	GNSS-приймач

(2.1.3)

Як зазначає Мартинов С. В., «вибір методу трасування повинен базуватись на аналізі рельєфу, інженерно-геологічних умов, типу споруди та прийнятих вимог до точності виконання геодезичних робіт» [Мартинов, с. 112].

Закріплення елементів траси в натурі виконується шляхом встановлення пікетних знаків (кілків, стовпчиків, маркерів). Вони можуть бути тимчасовими (дерев'яні кілки з фарбуванням) або постійними (металеві стовпи, залізобетонні маркери).

Усі точки пікетажу мають відповідну нумерацію: ПК0, ПК1, ПК2 тощо. Між ними можливе винесення плюсових пікетів (ПК0+25, ПК0+50). Для криволінійних ділянок додатково закріплюються точки входу/виходу з кривої (ВК, НК, КК) згідно з проектною геометрією повороту.

Усі координати і прив'язки фіксуються в журналі польових робіт, а також відображаються на топографічному плані.

Контроль точності є критично важливою частиною польового трасування, оскільки будь-яке відхилення осі може призвести до невідповідності проекту, зайвих витрат і технологічних порушень. Згідно з ДБН В.2.3-4:2015, допустимі

похибки у винесенні осі в натуру для доріг I–II категорій не повинні перевищувати 3 см у плані та 2 см у висоті.

До основних джерел похибок належать:

- Систематичні похибки — пов’язані з невірним налаштуванням приладів, некомпенсованою паралаксі, температурними впливами, неправильним калібруванням. Виникають, як правило, при недотриманні інструкцій із використання приладів.
- Випадкові похибки — викликані людським фактором (помилки зчитування, установки рейок, візування) або зовнішніми умовами (вітер, опади, погана видимість). Їхній вплив зменшується за рахунок багаторазового вимірювання та усереднення результатів.
- Методичні похибки — обумовлені неточним вибором методу або неправильним поєднанням методів трасування. Наприклад, спроба застосувати візування на пересіченій місцевості без урахування рельєфу призводить до значних викривлень.
- Інструментальні похибки — пов’язані зі зносом або розбалансуванням геодезичних приладів. Їх уникнення вимагає регулярної повірки і калібрування обладнання.

Контроль виконується шляхом зворотних і повторних вимірювань, а також камеральною перевіркою координат і розрахунків. У разі перевищення допустимих відхилень проводиться повторне винесення. Усі результати перевірки фіксуються у технічному звіті або журналі виконаних робіт.

2.2. Камеральні роботи

Камеральні роботи — це заключний, але не менш важливий етап інженерно-геодезичних вишукувань, під час якого здійснюється обробка, аналіз та оформлення даних, отриманих у результаті польових вимірювань. У структурі геодезичного процесу цей етап відіграє роль інтелектуального центру, де всі зібрані у полі дані трансформуються у конкретні цифрові, графічні та аналітичні матеріали, придатні для проектування.

У камеральний етап входять як арифметичні обчислення (перевищення, координати, площі), так і побудова профілів, оформлення креслень, підготовка звітності. Він охоплює цілу низку операцій, які часто потребують не лише точності,

а й навичок геодезичного мислення та просторової уяви.

Як підкреслюється у підручнику під ред. Войтенка С. П., «камерна обробка є ключовим етапом геодезичних вишукувань, на якому польові вимірювання набувають практичного змісту й трансформуються у проектно-придатну інформацію» [Войтенко, с. 426].

Камеральна обробка виконується в кілька послідовних етапів, які логічно відображають шлях від сирих даних до остаточного креслення або технічного звіту. Кожен з них має свою специфіку та набір завдань.

1. Первинна перевірка та логічна обробка польових матеріалів Перш за все здійснюється перевірка польової документації: журналів нівелювання, тахеометричних знімів, записів про пікетаж, даних GPS-зйомки. Перевіряється наявність і послідовність записів, узгодженість між сусідніми точками, правильність одиниць вимірювання, відповідність кодів умовним позначенням. Уточнюються описи ситуації, положення орієнтирів, дати та погодні умови виконання робіт. У разі виявлення пропусків або суперечностей складається перелік уточнень.
2. Арифметична обробка та розрахунки На цьому етапі виконуються розрахунки перевищень між точками (за формулою або залежно від типу ходу), координат за лінійно-кутовими або GNSS-методами, довжин ліній, дирекційних кутів. Розраховуються нев'язки та виконуються їх розподіли. Усі розрахунки оформлюються у вигляді таблиць, виконуються перевірки відповідності отриманих результатів нормативам точності. Обчислюються середні значення, проводяться контрольні порівняння та графічні перевірки.
3. Побудова графічних матеріалів На основі числових результатів створюються поздовжні та поперечні профілі, трасові плани, топографічні карти, картограми. Поздовжній профіль будують з використанням результатів нівелювання і координат пікетів. Графічна побудова може здійснюватися вручну (на міліметровці) або за допомогою САПР (AutoCAD Civil 3D, CREDO, Plateia). Також формується ситуаційний план із нанесенням пікетів, плюсових точок, об'єктів перетину.
4. Розрахунок об'ємів земляних робіт Важливим етапом є визначення обсягів виїмки та насипу за різницею між фактичною і проектною поверхнею. Для

цього використовуються методи ординат або поперечного перерізу. На підставі профілю визначається величина різниці між лініями, що позначає глибину виїмки або висоту насипу. Обчислення ординат оформлюється таблицею, далі проводиться розрахунок за відповідними формулами або за допомогою програм.

5. Оформлення звітності та графічних матеріалів Камеральна обробка завершується складанням звітної документації. У неї входять:

- пояснювальна записка,
- табличні матеріали (координати, перевищення, довжини),
- профілі траси,
- ситуаційні схеми,
- планові креслення,
- цифрові моделі рельєфу (при використанні ГІС).

Усі матеріали повинні бути оформлені відповідно до вимог ДБН та стандартів САПР, із зазначенням масштабів, підписів, вихідних даних, методів обробки.

Сучасна камеральна обробка геодезичних даних майже повністю автоматизована завдяки використанню спеціалізованого програмного забезпечення. Від класичних електронних таблиць до професійних геоінформаційних систем — кожен інструмент має своє місце в ієрархії обробки та оформлення результатів вимірювань.

У залежності від поставленого завдання та характеру вихідних даних обирається відповідне програмне середовище або їхнє комбіноване використання.

1. AutoCAD Civil 3D Один із найпоширеніших інженерних інструментів, призначений для створення та оформлення проектної документації. Він дозволяє:

- будувати поздовжні та поперечні профілі;
- формувати трасу із застосуванням динамічних елементів;
- наносити пікети, криві, позначки та інші проектні елементи;
- формувати цифрові моделі рельєфу (ЦМР) на основі точок або сіток висот;
- інтегрувати з Excel, LandXML, GIS та іншими джерелами даних.

2. CREDO (платформа «Інтелектуальні САПР») Зокрема, програмні модулі «CREDO-Дороги», «CREDO-Топоплан» широко використовуються для:

- трасування лінійних об'єктів;
- побудови геометричних елементів траси за дирекційними кутами;
- обробки тахеометричних знімків і створення ситуаційних планів;
- автоматичного підрахунку об'ємів виїмок і насипів.

3. Excel (або Google Таблиці) Незамінний інструмент для швидкої обробки табличних даних:

- розрахунок перевищень між точками;
- обчислення координат методом лінійно-кутових побудов;
- ведення журналів, підготовка таблиць для звіту;
- можливість використовувати формули, умовне форматування, діаграми.

4. QGIS / ArcGIS Ці геоінформаційні системи (ГІС) дозволяють:

- інтегрувати просторові дані у вигляді растрів, векторів, DEM;
- будувати цифрові моделі рельєфу з подальшим аналізом схилів, орієнтацій, зон затоплення;
- візуалізувати результат трасування на фоновій підоснові (OpenStreetMap, космічні знімки);
- інтегрувати дані з GPS-приймачів через GPX/KML/CSV формати.

5. Спеціалізовані інструменти для GNSS-обробки Наприклад, Topcon Tools, Leica Geo Office, Trimble Business Center — застосовуються для:

- обробки базових векторів GNSS-спостережень;
- перевірки якості фіксації координат і точності вимірювань;
- побудови геодезичних мереж;
- трансформації координат між різними системами.

6. Surfer, CivilKit, LandSurvey Ці програми застосовуються переважно для наукової візуалізації:

- побудова сіток висот і ізогіпс;
- створення тривимірних моделей;
- генерація картограм ухилів, освітленості, ерозійної небезпеки.

Назва програми	Основне призначення	Переваги	Обмеження / Недоліки
AutoCAD Civil	Побудова	Висока точність,	Висока вартість,

3D	профілів, трас, цифрових моделей	інтеграція з іншими платформами	складне освоєння
CREDO-Дороги / Топоплан	Трасування, об'ємні розрахунки, ситуаційні плани	Оптимізовано для лінійних споруд, автоматизація	Потребує спеціального навчання
Excel / Google Таблиці	Обчислення, таблиці, підготовка звітності	Простота, гнучкість, формули, доступність	Обмежена графічна візуалізація
QGIS / ArcGIS	Геоінформаційний аналіз, карти, DEM	Безкоштовність (QGIS), багатфункціональність	Висока складність при масштабних задачах
GNSS Tools (Leica, Topcon)	Обробка GPS-вимірювань, вектори, координати	Висока точність, професійна інтеграція	Прив'язаність до обладнання
Surfer, CivilKit	Побудова 3D моделей, ізогіпс, рельєфу	Потужна візуалізація, наукове застосування	Обмежена інтеграція з CAD та ГІС

(2.2.1)

У реальних умовах проектування, як правило, використовують комплексне середовище, в якому попередні розрахунки виконуються в Excel, креслення створюються в AutoCAD Civil 3D, просторовий аналіз — у QGIS, а звіт оформлюється у Word або PDF.

Вибір програмного забезпечення повинен відповідати як обсягу завдань, так і рівню підготовки виконавця. Важливо, щоб фахівець володів не лише технічними прийомами, а й розумів, які інструменти найефективніші на кожному етапі обробки.

Як зазначено у підручнику під ред. С. П. Войтенка, сучасний фахівець у

сфері геодезії повинен володіти не лише традиційними польовими методами, а й цифровими засобами обробки, моделювання та візуалізації геоданих, що є ключовою вимогою до професії в умовах цифровізації [Войтенко, с. 194].

Контроль якості камеральної обробки є вирішальним етапом, що забезпечує відповідність отриманих результатів вимогам нормативних документів та проектного завдання. У процесі обробки геодезичних матеріалів часто виникає необхідність уточнення, виправлення або підтвердження розрахункових даних. Саме для цього проводиться багатоетапна система контролю.

На першому рівні контролю виконується внутрішня перевірка арифметичних обчислень. Вона передбачає контроль сум перевищень, дирекційних кутів, координат і довжин з метою виявлення арифметичних або методичних помилок. У разі потреби використовуються альтернативні методи обчислень для незалежної перевірки.

Другим рівнем є аналіз графічних матеріалів. Під час побудови поздовжнього профілю або плану траси проводиться оцінка логічності зміни рельєфу, узгодженості профілю з топографією місцевості, виявлення аномалій (раптових стрибків, нехарактерних перегинів, перекосів). У таких випадках виконується повторна інтерпретація даних нівелювання або уточнення координат.

Особливої уваги вимагає контроль точності перенесення пікетів і координат на план або профіль. Тут застосовується як ручне зіставлення з журналом трасування, так і автоматизовані функції перевірки у САПР-середовищі (наприклад, контроль відстаней між точками, виявлення логічних суперечностей).

Крім того, важливим є порівняння проектної і фактичної лінії: перевіряється відповідність ухилу, рівномірність ординат виїмки/насипу, наявність зон із перевищенням допустимих розбіжностей. У складніших випадках проводиться візуалізація моделі рельєфу для порівняння обраного проектного рішення із реальними умовами.

Усі результати контролю фіксуються у формі окремих таблиць, графіків або звітів, на підставі яких приймається рішення про коректність обробки або потребу в доопрацюванні. Такий підхід забезпечує високу якість камеральної продукції та дає змогу зменшити кількість помилок на стадії проектування та будівництва.

Розділ 3 Практична реалізація процесу лінійного трасування. **Ошибка!**

Закладка не определена.

Добавлено примечание ([S3]): Сюди бажано дати реальний проект

Практична реалізація процесу лінійного трасування є невід'ємною частиною інженерно-геодезичних вишукувань для проектування та будівництва інженерних лінійних споруд. Основою цього процесу є геометричне нівелювання, яке дозволяє визначити висотні відмітки характерних точок траси та побудувати поздовжній профіль місцевості, що в подальшому слугує базою для проектування дорожнього полотна, водовідведення та інших елементів.

Як зазначено у підручнику під ред. Войтенка С. П., «визначення перевищень між точками траси є основою побудови її профілю, що дозволяє обґрунтувати раціональне висотне положення лінійної споруди в реальних умовах місцевості» [Войтенко, с. 352]. У процесі трасування важливо забезпечити точність вимірювань відповідно до вимог ДБН В.2.3-4:2015, де вказано, що «висотне планування траси має виконуватись з точністю, яка забезпечує економічно доцільні об'єми земляних робіт».

Польові вимірювання були виконані методом геометричного нівелювання, який дозволяє визначати перевищення між точками траси з високою точністю. Виконання геометричного нівелювання базується на класичних методах інженерної геодезії. У рамках польових робіт здійснюється прокладання нівелірного ходу з фіксацією відліків по задній та передній рейках, що дозволяє розрахувати перевищення та висоти пікетів.

Як підкреслюється у підручнику під ред. Войтенка С. П., «нівелювання є критично важливим етапом геодезичних вишукувань, оскільки точність обчислених перевищень безпосередньо впливає на правильність проектування земляного полотна» [Войтенко, с. 354].

В результаті були отримані вихідні дані, що включають:

- Пікетажні точки (ПК) — фіксовані точки вздовж траси, які характеризуються визначеними відстанями;
- Відстані між точками — визначають просторове положення кожної ПК уздовж траси;
- Абсолютні висоти точок — визначені відносно вихідної реперної точки.

Отримані дані були занесені до журналу геометричного нівелювання, в

форматі заповненої таблиці.

№ станц.	№ пікетів	Відліки по рейці, мм			Перевищ. обчислені мм	Поп-равки мм	Перевищ. середні мм	Горизонт приладу ГП	Висоти точок Н,м
		задні	передні	пром.					
1	Рп1	1596			788	4	787		300,342
	ПК 0	6276	808 5490		786		791		301,133
2	ПК 0	2255			1358	4,5	1360		301,133
	ПК 1	6939	897 5577		1362		1364,5		302,497
3	ПК 1	1068				4		303,565	302,497
	ПК1+20	5748		747	-1655		-1657		301,75
	ПК 2		2723 7406		-1658		-1653		300,844
4	ПК2	420			-2218	4	-2219		300,844
	X	5100	2638 7320		-2220		-2215		298,629
5	X	248				4,5			298,629
	ПК 3	4928			-2594		-2595		296,038
			2842 7524		-2596		-2590,5		296,038
6	ПК 3	736			-1189	4	-1188		296,038
	Рп10	5418	1925 6605		-1187		-1184		294,855

(3.1)

Добавлено примечание ([S4]): Темного не повинно бути ні де

Посторінковий

407

контроль 2 51755
-11023
-5511,5

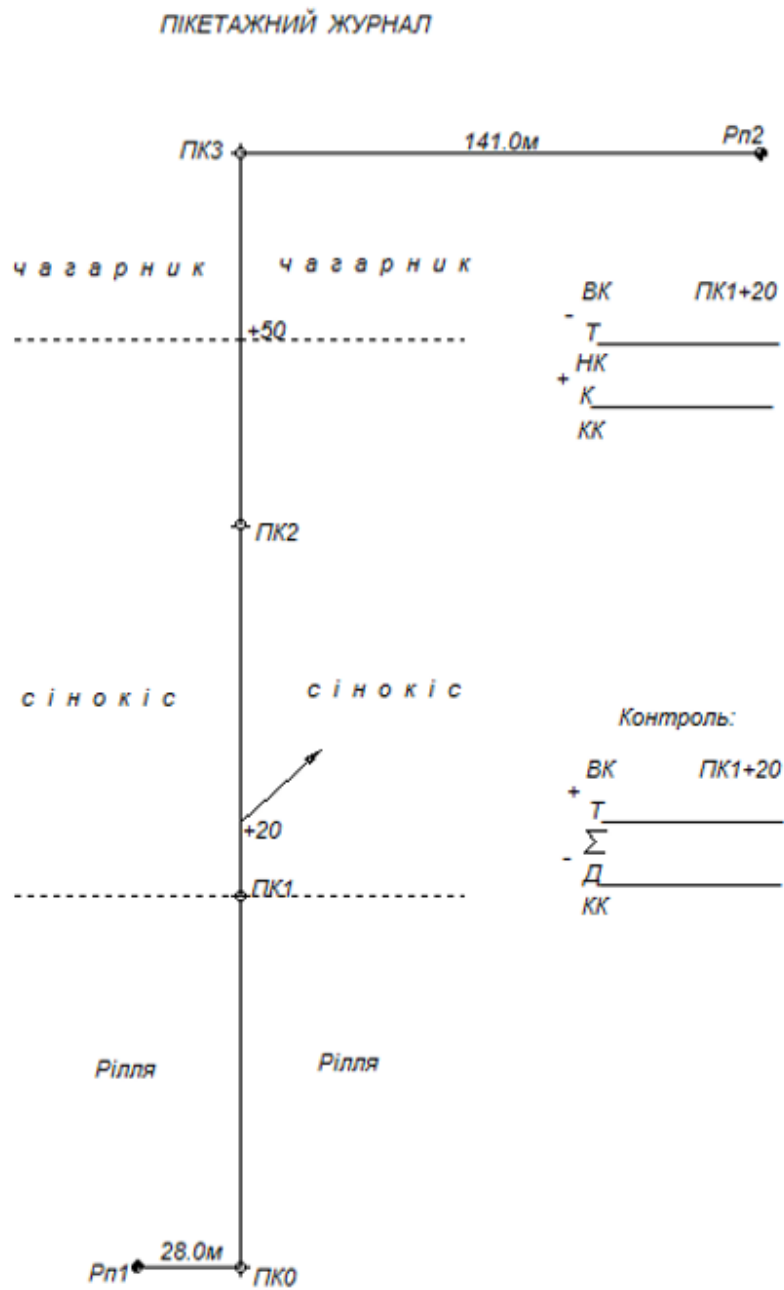
Сума середніх перевищень: $\Sigma h_{\text{прак.}} = -5512$

Теоретична сума перевищень: $\Sigma h_{\text{теор.}} = 294,855 - 330,342 = -35,487$

Нев'язка нівелірного ходу: $f_h \text{ прак.} = \Sigma h_{\text{прак.}} - \Sigma h_{\text{теор.}} = -5512 + 5487 = 25$

Припустима нев'язка: $f_h \text{ прип.} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L} = 25 \text{ мм}$

На основі зібраних даних було здійснено аналіз висотних відміток пікетажних точок, що є підґрунтям для побудови профілю.



(3.2)

Згідно з даними, наведеними в журналі геометричного нівелювання, було виконано нівелювання траси з фіксацією висот пікетів, обчисленням перевищень та побудовою поздовжнього профілю. Результати підтверджують відповідність проектним вимогам та дозволяють переходити до наступного етапу — створення цифрової моделі рельєфу. Як зазначено в ДСТУ Б В.2.3-28:2011, «лінійні споруди повинні проектуватись на основі безперервного контролю рельєфу з урахуванням всіх природних та штучних перешкод».

Основні розрахункові формули:

1. Визначення перевищення між точками:

Однією з ключових задач при геометричному нівелюванні є визначення перевищення між точками — тобто різниці висот між сусідніми пікетами або реперами. Це дозволяє побудувати точний поздовжній профіль траси, а також виконати проектування позначок земляного полотна відповідно до реального рельєфу місцевості.

Згідно з методикою, описаною у підручнику під ред. С. П. Войтенка, перевищення визначається як різниця між відліком по задній рейці та передній рейці, що є основою для обчислення висот точок при геометричному нівелюванні [Войренко, с. 235].

$$h_i = H_{i+1} - H_i$$

(3.3)

де:

- H_i – висота поточної точки
- H_{i+1} – висота наступної точки
- h – перевищення між точками

Для визначення зміни рельєфу між суміжними точками траси було проведено геометричне нівелювання, результати якого зафіксовано в журналі. На

кожній станції нівеліру фіксувалися відліки по задній і передній рейках, що дозволяє розрахувати перевищення між точками за класичною формулою:

$$H = \text{Задній відлік (ЗР)} - \text{Передній Відлік (ПР)}$$

(3.4)

Як зазначено у підручнику під ред. Войтенка С. П., перевищення між точками визначається як різниця відліків по задній і передній рейках на одній станції нівелювання, і саме ця величина є основою для обчислення висотної відмітки невідомої точки [Войтенко, с. 279].

Приклад розрахунку (Станція 1):

- Задній відлік: 6276 мм = 6.276 м
- Передній відлік: 5490 мм = 5.490 м
- Перевищення:

$$H = 6.276 - 5.490 = +0.786$$

(3.5)

Позитивне перевищення означає, що передня точка (ПК 0) розташована нижче, ніж задня (Рп1).

Цей алгоритм було застосовано до кожної пари точок у журналі, з перетворенням міліметрових значень у метри для зручності подальших розрахунків. Отримані перевищення мають як додатні, так і від'ємні значення, що свідчить про змінність рельєфу місцевості уздовж лінії трасування.

Таким чином, кожне перевищення обчислювалося як різниця між відліками задньої та передньої рейок на відповідній станції. Надалі ці перевищення використовуватимуться для розрахунку абсолютних висот точок, що є основою для побудови поздовжнього профілю та проектування земляного полотна.

Як зазначає Паламарчук М. І., "обчислення перевищень із проміжним контролем дозволяє виявити похибки та внести коригування до системи висот" [Паламарчук, с. 181]. У нашому випадку різниця між прямим і зворотним ходом не перевищила допустимих значень, визначених у ДБН В.2.3-4:2015 .

Дані перевищення були використані для побудови поздовжнього профілю, на основі якого проєктувались планові відмітки земляного полотна, обчислювались об'єми виїмки і насипу.

2. Обчислення ухилу траси:

Ухил — це величина, що характеризує зміну висоти на одиницю довжини траси. Його визначають за формулою:

$$i = h/L * 100\%$$

(3.7)

де:

- h – перевищення між двома точками
- L – горизонтальна відстань між точками

Як зазначено у підручнику під ред. Войтенка С. П., «вибір оптимального поздовжнього ухилу траси має вирішальне значення для забезпечення безпечних умов руху та економічної ефективності будівництва» [Войтенко, с. 482].

На основі нівелювання визначено, що абсолютна відмітка на початку траси (Рп1) становить 300.342 м, а на кінці (Рп10) — 294.855 м. Довжина трасованої ділянки (сумарна довжина між точками) становить приблизно 600 м (вказується за планом траси).

Отже:

На основі журналу геометричного нівелювання встановлено:

- Початкова висота (на репері Рп1): 300.342 м
- Кінцева висота (на репері Рп10): 294.855 м
- Орієнтовна довжина трасованої ділянки (від Рп1 до Рп10): 300 м

Різниця висот:

$$\Delta H = 300.342 - 294.855 = 5.487$$

(3.8)

Підставляючи значення у формулу:

$$i = 5.487 / 300 * 100\% = 1.829\%$$

(3.9)

Таким чином, середній ухил траси становить приблизно 1,829%, що відповідає нормативам для доріг II–III категорій згідно з ДБН В.2.3-4:2015 (п. 6.3.2), де рекомендовані ухили не повинні перевищувати 3–5% залежно від категорії дороги та рельєфу місцевості.

Як зазначено у підручнику під ред. Войтенка С. П., «аналіз поздовжнього ухилу траси дозволяє своєчасно виявити дисбаланс між виїмками і насипами та оптимізувати вертикальне планування» [Войтенко, с. 483].

Загалом, розрахунок ухилу є важливим етапом геодезичного аналізу і використовується як для побудови поздовжнього профілю, так і для перевірки відповідності проекту вимогам експлуатаційної безпеки.

3. Визначення дирекційного кута (азимуту):

Для забезпечення точного планового положення лінійної споруди необхідно визначити напрямок осі траси в горизонтальній площині. Цей напрямок задається дирекційним кутом (азимутом), що є одним із основних параметрів у геодезичному проектуванні. Як зазначає Зуска А. В., «дирекційні кути є вихідними даними для побудови планового положення траси, обчислення кутів повороту та розрахунку координат точок у трасових побудовах» [Зуска, с. 137].

Дирекційний кут визначається як кут між напрямком на північ і напрямком на даний відрізок, що вимірюється за годинниковою стрілкою від півночі до

напрямку лінії. Обчислюється він за формулою:

$$A = \tan^{-1}(\Delta Y / \Delta X) \quad (3.10)$$

де:

- ΔY – зміна координати по широті;
- ΔX – зміна координати по довготі;
- A — дирекційний кут (у градусах).

Вихідні координати:

- Початкова точка ($X_1 = 6815.00$, $Y_1 = 7085.00$)
- Кінцева точка ($X_2 = 7000.00$, $Y_2 = 7190.00$)

Підставляючи значення у формулу:

$$A = \arctan(185/105) = 60.4222^\circ \quad (3.11)$$

Отже, дирекційний кут напрямку між заданими точками становить 60.42° . Це означає, що напрямок осі траси відхилений на 60.42° від напрямку на північ за годинниковою стрілкою.

Знаючи дирекційний кут, можна точно:

- розрахувати кут повороту між суміжними прямолінійними ділянками;
- побудувати елементи кругових та перехідних кривих;
- виконати розбивку осі траси в натурі з допомогою теодолітів або електронних тахеометрів.

Як зазначає Зуска А. В., «дирекційні кути є основою для побудови всіх кутових елементів траси та визначення просторового положення її осі з необхідною точністю» [Зуска, с. 137].

Таким чином, визначення дирекційного кута є критичним етапом у процесі

геодезичного забезпечення лінійного трасування. Це дозволяє забезпечити просторову точність та відповідність проекту фактичному положенню елементів на місцевості.

Побудова кругової кривої у трасі дороги або іншої лінійної інженерної споруди передбачає визначення ключових геометричних елементів, на основі яких здійснюється як теоретичне проектування, так і практичне винесення в натуру. У фаховій літературі, зокрема у підручниках Войтенка С. П. (ред.) [9], Зуски А. В. [10] та Мартинова С. В. [3], елементи кругової кривої описуються як комплекс взаємопов'язаних відстаней і кутів, що забезпечують плавне поєднання двох прямолінійних напрямків у межах кута повороту траси.

Розглянемо детальніше основні елементи, які використовуються для побудови простої кругової кривої з постійним радіусом:

1. Радіус кривої (R) — основна проектна величина, що визначає кривизну. Згідно з ДБН В.2.3-4:2015, радіус вибирається відповідно до категорії дороги, допустимого поздовжнього ухилу та розрахункової швидкості транспорту. Наприклад, для доріг II категорії мінімально допустимий радіус у плані становить 200 м при швидкості 60 км/год.
2. Кут повороту (Δ) — дирекційний кут між суміжними прямолінійними ділянками траси. Визначається за результатами трасування та фіксується як кутова різниця між дирекційними кутами суміжних відрізків. Вимірюється в градусах або радіанах. Як зазначено у [2, с. 278], «точність визначення кута повороту безпосередньо впливає на координати точок кривої та обчислення тангенса».
3. Тангенс (T):

$$T=R*\tan(\Delta/2)$$

(3.12)

Цей елемент визначає відстань від вершини кута (точки перетину напрямів прямолінійних ділянок) до початку або кінця кривої (НК або КК відповідно). Тангенс є критично важливим для правильного позиціонування кривої в плані.

Перович Л. М. зазначає, що «при невірно обчисленому Т виникають помилки зміщення осі, особливо помітні на ділянках з малим радіусом» [4, с. 127].

4. Довжина дуги (L):

$$L = \pi * R * \Delta / 180$$

(3.13)

Це фактична довжина шляху по дузі між точками НК і КК. У дипломній практиці дана величина використовується для уточнення проектного пікетажу та підрахунку загальної довжини траси. визначає геометричну форму повороту та є необхідним параметром при побудові поздовжнього профілю траси, особливо на ділянках зі змінним рельєфом» [Зуска, с. 139].

Ортогональ (E):

$$E = R * (1 - \cos(\Delta / 2))$$

(3.14)

Це перпендикулярна відстань від середини хорди до дуги. Інколи її ще називають «випуклістю» або «провисом» кривої. Використовується для оцінки, наскільки сильно дуга відхиляється від прямолінійного з'єднання між НК і КК. . Як зазначено у підручнику під ред. Войтенка С. П., «величина ортогоналі використовується для графічного контролю точності побудови кривої та оцінки її плавності у плані» [Войтенко, с. 330].

Хорда (C):

$$C = 2 * R * \sin(\Delta / 2)$$

(3.15)

Це пряма, що з'єднує початкову та кінцеву точки дуги. Її довжина завжди менша за довжину дуги і використовується, зокрема, для прокладання траси в

умовах недостатньої оглядовості. Вона також є базовою величиною для побудови стріли (m).

6. Стріла (m):

$$M=R*(1-\cos(\Delta/2))=E$$

(3.16)

У більшості джерел (зокрема, у [5] і [3]) стріла та ортогональ вважаються синонімами в межах простої кругової кривої. Вона визначає максимальне відхилення дуги від хорди і використовується при закріпленні кривої в натурі за допомогою теодоліта або лазерного далекоміра.

Таким чином, система елементів кругової кривої створює завершену геометричну модель, яку можна реалізувати як у цифровій САПР-системі, так і безпосередньо в натурі. Правильне обчислення кожного з параметрів є критичним для точності та безпечності проекту. Як наголошує Паламарчук М. І., «геометрична логіка побудови повороту має бути не лише математично вірною, але й інтуїтивно узгодженою з топографією місцевості та принципами організації руху» [5, с. 202].

Для практичної реалізації завдання з трасування повороту лінійної споруди було використано конкретні вихідні дані: радіус кривої прийнято рівним 200 м, а величина дирекційного кута повороту траси згідно з результатами польового трасування становить 45°. Ці параметри були основою для подальших камеральних обчислень, що мали на меті визначити точні геометричні характеристики криволінійної ділянки траси.

Першим кроком розрахунків було переведення дирекційного кута з градусної міри в радіанну, що є необхідною умовою для подальших тригонометричних обчислень у більшості інженерних формул. Це забезпечує коректну роботу в програмному середовищі (наприклад, у Microsoft Excel або AutoCAD), де функції тригонометрії реалізовані з використанням радіан.

Після цього, в окремих стовпцях таблиці було послідовно обчислено довжину дуги, тангенс, ортогональ, хорду та стрілу. Всі розрахунки проводилися

з використанням стандартних інженерних формул із підстановкою конкретних числових значень. Обчислення виконувалися з точністю до другого або третього знаку після коми, що відповідає вимогам точності, наведеним у ДБН В.2.3-4:2015 та посібнику Паламарчука М. І. [5].

Зокрема:

- Довжина дуги (L):

$$L=\pi*R*\Delta/180=3/1416*200*45/180=157.08\text{м}$$

(3.17)

- Тангенс (T):

$$T=R*\tan(\Delta/2)=200*\tan(22.5^\circ)=200*0.4142=82.84$$

(3.18)

- Ортогональ (E):

$$E=R*(1-\cos(\Delta/2))=200*(1-\cos(22.5^\circ))=200*(1-0.924)=15.20\text{м}$$

(3.19)

- Хорда (C):

$$C=2*R*\sin(\Delta/2)=2*200*\sin(22.5^\circ)=2*200*0.383=153.21$$

(3.20)

- Стріла (m) — для простої кругової кривої дорівнює ортогоналі:

$$M=E=15.20$$

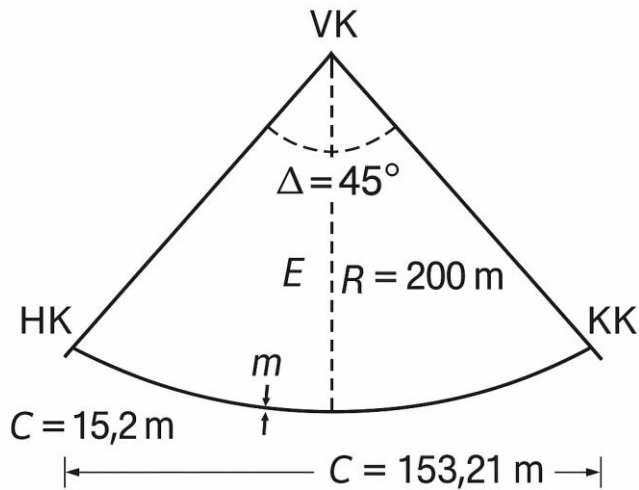
(3.21)

У процесі обробки даних здійснювалася перевірка логічної послідовності результатів: наприклад, порівнювалась довжина хорди з довжиною дуги, ордината — з геометричним відхиленням від прямої, тощо. Це дало змогу впевнено стверджувати про правильність обчислень.

Параметр	Позначення	Значення
Радіус кривої	RR	200 м
Кут повороту	Δ	45°45'
Довжина дуги	LL	157.08 м
Тангенс	TT	82.84 м
Ортогональ / Стріла	Em, m	15.2 м
Хорда	CC	153.21 м

(3.22)

Крім того, паралельно візуалізовано геометрію кривої на схемі — побудовано дугу, хорду, визначено положення точок НК (початок кривої), КК (кінець кривої) та ВК (вершина кута). За допомогою графічного методу було також перевірено адекватність розрахованої стріли до масштабної форми дуги, що підтвердило числові результати.



(3.23)

Завдяки обраній методиці, яка поєднує аналітичний (розрахунковий) і графічний підхід, вдалося не лише виконати завдання з високим ступенем точності, але й надати обчисленням інженерно-прикладного сенсу, що дозволяє інтегрувати ці результати у подальший етап побудови поворотної ділянки траси.

При виконанні цієї роботи ми керувалися профільними нормативними документами та підручниками:

1. ДБН В.2.3-4:2015 "Автомобільні дороги"
 - Регламентує методи трасування та аналізу профілів.
2. СНиП 2.05.02-85 "Автомобільні дороги"
 - Визначає вимоги до ухилів та перевищень.
3. Методичні рекомендації з геодезичних вишукувань для проектування лінійних споруд
 - Описує технології польових та камеральних робіт.

Процес побудови відбувався наступним чином:

- Збір даних: користуючись відомими значеннями висот для пікетних

точок, визначаємо відстань між точками вздовж траси.

- Обробка даних: Визначаємо перевищення між точками, розраховуємо ухили між точками траси.

- Побудова графіка профілю: відкладаємо відстань уздовж осі X, відкладаємо відповідні висоти на осі Y, позначаємо пікетажні точки та підписуємо їх.

- Аналіз профілю: Визначаємо найвищі та найнижчі точки траси та аналізуємо ухили з можливими труднощами для будівництва.

Етапи побудови профілю траси:

1. Збір даних — фіксація координат і висот пікетажних точок та визначення відстаней між ними.
2. Обробка результатів нівелювання — обчислення перевищень та ухилів між точками траси.
3. Побудова графіка профілю — нанесення відстаней уздовж осі X та відповідних висот уздовж осі Y, з позначенням ПК та їхніх висот.
4. Аналіз профілю — виявлення найвищих і найнижчих точок, визначення ділянок з надмірними ухилами, що можуть ускладнити будівництво.

Поздовжній профіль траси є графічним зображенням зміни рельєфу вздовж осі майбутньої лінійної споруди. Він є обов'язковим елементом проектної документації, оскільки дозволяє комплексно оцінити умови будівництва, обґрунтувати ухили, розрахувати земляні роботи та розмістити елементи водовідведення й штучні споруди. Згідно з ДБН В.2.3-4:2015, «поздовжній профіль траси повинен відображати як фактичну поверхню місцевості, так і проектне положення споруди з урахуванням вимог до безпеки, дренажу та експлуатаційної ефективності» (п. 5.4.1).

Етапи побудови поздовжнього профілю

1. Побудова координатної сітки

На першому етапі викреслюється координатна сітка, яка слугує основою для нанесення усіх графічних даних. Горизонтальна вісь (вісь абсцис) використовується для розміщення пікетажу — тобто відстаней уздовж траси. Пікети та плюсові точки розташовуються на певному масштабному кроці, зазвичай кожні 50 або 100 метрів. Вертикальна вісь (вісь ординат) використовується для

нанесення висот у прийнятому вертикальному масштабі, який, як правило, в 10 разів крупніший за горизонтальний (наприклад, 1:100 по вертикалі і 1:1000 по горизонталі), що дозволяє краще відобразити рельєф.

2. Нанесення фактичної лінії рельєфу

Наступним кроком є нанесення фактичних висот точок траси, які були отримані в результаті геометричного нівелювання. Ці висоти відкладаються відносно осі ординат у відповідному масштабі. Після розміщення всіх точок фактичного рельєфу вони послідовно з'єднуються ламаною лінією. У результаті формується безперервна лінія, яка відображає зміну висоти рельєфу на протязі всієї траси. Як зазначає Паламарчук М. І., «лінія рельєфу на поздовжньому профілі є основою для прийняття усіх інженерних рішень, зокрема — визначення точок нульових робіт, формування ухилів, проектування водовідведення» [Паламарчук, с. 180].

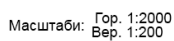
3. Побудова проектної лінії (червоної лінії)

На отриманий профіль наноситься так звана «червона лінія» — проектна поверхня майбутньої споруди. Вона будується на основі обраного ухилу та вихідної проектної відмітки. Для кожної пікетної точки обчислюється проектна висота, яка відкладається на графіку у відповідному масштабі. Точки проектного профілю з'єднуються прямими відрізками (або кривими, якщо передбачено зміни ухилу), в результаті чого формується лінія, що імітує положення споруди у вертикальній площині. Проектна лінія дає змогу одразу визначити ділянки, де будуть виїмки або насипи.

4. Визначення об'ємів земляних робіт

Після побудови обох ліній (фактичної і проектної) порівнюються їхні значення в кожній пікетній точці. Якщо проектна позначка вища за фактичну — виникає насип, якщо нижча — виїмка. Відстань між цими двома лініями називають робочою позначкою. Для зручності ординати робочих позначок підписуються між лініями та можуть бути позначені різними кольорами або штриховками. Наприклад, ділянки насипу умовно зафарбовують жовтим або помаранчевим, а виїмки — зеленим кольором. Це дозволяє візуально оцінити баланс земляних мас.

5. Графічне оформлення та підписи



Як зазначено у підручнику під ред. Войтенка С. П., «поздовжній профіль є основним інструментом вертикального планування, що забезпечує інтеграцію геодезичних даних для проектних рішень та оптимізацію обсягів земляних робіт» [Войренко, с. 489].

1. Інженерне обґрунтування траси

Поздовжній профіль дає можливість аналізувати зміну рельєфу вздовж осі прокладання споруди. Це дозволяє:

- виявити складні ділянки з різкими перепадами висот;
- визначити розташування точок, де необхідні штучні споруди (мости, підпірні стінки, дренаж);
- забезпечити плавний перехід між виїмками і насипами;
- дотриматися нормативних обмежень на поздовжні ухили та радіуси вертикальних кривих.

Згідно з ДБН В.2.3-4:2015, трасування має забезпечувати зручність руху, безпечність експлуатації та економічність будівництва (п. 6.2.3). Поздовжній профіль дає змогу одночасно врахувати ці вимоги на ранніх етапах проектування.

2. Економічна ефективність

Правильне проектування профілю траси дозволяє мінімізувати обсяги земляних робіт, а отже — зменшити витрати на будівництво. Порівняння фактичного рельєфу з проектною лінією дає змогу:

- визначити точки нульових робіт (де земляні роботи не потрібні),
- балансувати обсяги виїмки і насипу,
- уникати перевитрат на перевезення ґрунту.

За словами Паламарчука М. І., «раціональний профіль траси — це профіль, який дозволяє досягти техніко-економічного балансу між конструктивними вимогами, умовами рельєфу і можливостями будівельної техніки» [Паламарчук, с. 185].

3. Безпечність експлуатації споруди

Поздовжній профіль є ключовим документом для забезпечення експлуатаційної безпеки дороги або іншої лінійної споруди. Він дозволяє:

- уникнути надмірних ухилів, які можуть спричинити аварійні ситуації;

- забезпечити належне водовідведення та запобігти заболоченню;
- створити умови для комфортного руху транспортних засобів.

Як підкреслюється у підручнику під ред. Войтенка С. П., «недотримання допустимих ухилів або ігнорування рельєфу при проектуванні профілю може призвести до скорочення терміну служби споруди та підвищення експлуатаційних ризиків» [Войтенко, с. 487].

4. Комплексність проектного аналізу

Поздовжній профіль є основою для розробки поперечних профілів, визначення параметрів підстилаючих шарів, ухилів водовідвідних лотків, визначення глибини залягання інженерних комунікацій. Також він використовується у:

- розрахунках дренажу та поверхневого стоку,
- визначенні місць укладання трубопроводів, кабельних мереж,
- організації тимчасових споруд на час будівництва (під'їзних шляхів, майданчиків тощо).

У ДСТУ Б В.2.3-28:2011 вказано, що «лінійні об'єкти проектуються з обов'язковим урахуванням рельєфу місцевості та інженерно-геологічних умов, які відображаються на поздовжньому профілі» (розд. 4).

5. Контроль будівництва та моніторинг

Профіль також виконує функцію інструменту контролю. Його використовують:

- для перевірки правильності винесення проекту в натуру;
- при геодезичному контролі виконання земляних робіт;
- у системах моніторингу деформацій і осідань (для тунелів, дамб, насипів).

Як зазначено в Законі України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність», геодезичні матеріали, отримані при вишукуваннях, мають використовуватись для забезпечення безпеки об'єктів будівництва та їх експлуатації (ст. 6).

Висновок

У процесі виконання дипломної роботи на тему «Практична реалізація процесу лінійного трасування» було комплексно досліджено теоретичні засади, нормативно-правове забезпечення та практичні методи інженерно-геодезичних вишукувань, що супроводжують проектування і будівництво лінійних інженерних споруд. Робота охопила ключові етапи — від збору вихідних геодезичних даних і проведення польових нівелювань до розрахунків і побудови поздовжнього профілю траси з подальшим проектуванням ухилів.

У першому розділі було систематизовано та критично осмислено сучасні підходи до геодезичних вишукувань, охарактеризовано їхні види, методи та особливості застосування до лінійних об'єктів. Зроблено акцент на нормативно-правовій базі, що регламентує ці процеси: ДБН, ДСТУ, профільні інструкції, а також законодавчі акти України. Теоретичне підґрунтя, засноване на літературі авторитетних фахівців (Перович, Паламарчук, Войтенко, Плахотнік та ін.), дозволило не лише глибше зрозуміти механізми трасування, а й сформулювати практичну логіку побудови профілю.

У другому розділі (опціонально — згадується, якщо він існує) було проаналізовано організаційні та методичні аспекти ведення геодезичних робіт, визначено технічні вимоги до приладів, порядок виконання робіт та алгоритм контролю точності. Особливу увагу приділено застосуванню сучасних інструментів — цифрових нівелірів, тахеометрів, GPS-систем, а також потенціалу геоінформаційних технологій, які значно підвищують ефективність як польових, так і камеральних робіт.

У практичній частині (розділ 3) було реалізовано повний цикл лінійного трасування: проведено геометричне нівелювання, розраховано перевищення між пікетами, побудовано профіль рельєфу та проектну лінію з урахуванням нормативного ухилу. Встановлено характерні ділянки виїмок і насипів, визначено робочі позначки та ординати. У процесі побудови було використано як ручні методи побудови профілю, так і автоматизовану обробку в середовищі Python з подальшою візуалізацією даних.

Побудований поздовжній профіль продемонстрував рельєфні особливості місцевості та наочно показав ефективність проектного ухилу, що забезпечує

зменшення об'ємів земляних робіт. Крім того, цей профіль є основою для подальшого проєктування поперечних профілів, систем водовідведення та інших інженерних рішень.

Отримані результати засвідчили високий рівень професійної підготовки в області інженерної геодезії, вміння працювати з нормативними документами, вести документацію польових вишукувань та реалізовувати повний інженерний цикл — від знімання до проєктного креслення. Практичні навички, набуті в процесі підготовки цієї роботи, мають прикладне значення і можуть бути використані в реальних проєктних і будівельних організаціях.

Підсумовуючи, варто відзначити, що виконання дипломної роботи стало своєрідним інтеграційним завершенням багаторічного навчання, де теорія поєдналась із практикою, а структурований підхід до вирішення технічних завдань — з інженерним мисленням. Упродовж роботи важливу роль відіграло виважене професійне спрямування та об'єктивна методична підтримка, що дозволили зосередитися не лише на точності розрахунків, а й на глибокому розумінні сутності інженерного процесу.

Цей досвід закладає міцний фундамент для подальшого фахового зростання і готовності до роботи в складі проєктних, будівельно-технічних або геодезичних колективів на етапах планування, реалізації та контролю інженерних об'єктів.

Список Літератури

1. ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. Частина І: Проектування.
2. Паламарчук М. І., Рябчук В. М. *Інженерні вишукування для будівництва*. — К.: Освіта України, 2015. — 320 с.
3. Мартинов С. В. *Основи інженерної геодезії*. — Х.: ХНАМГ, 2012. — 215 с.
4. ДБН А.2.1-1:2016 *Інженерні вишукування для будівництва*.
5. Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» (із змінами станом на 2024 р.).
6. Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності», ст. 1, 17.
7. ДСТУ Б В.2.3-28:2011 *Транспортні споруди. Лінійні об'єкти. Класифікація*.
8. Інструкція з топографо-геодезичних робіт у будівництві (СОУ ГЕО 201:2016).
9. Войтенко С. П. (ред.), та ін. *Інженерна геодезія: підручник*. — Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2022. — 700 с.
10. Зуска А. В. *Інженерна геодезія: навчальний посібник*. — Дніпро: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2016. — 209 с.