

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА**

Географічний факультет

Кафедра геодезії, картографії та управління територіями

**ГЕОДЕЗИЧНИЙ СУПРОВІД ПРОКЛАДАННЯ
ПІДЗЕМНИХ ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ В С.ШУБРАНЕЦЬ**

Кваліфікаційна робота

Рівень вищої освіти - другий (магістерський)

Виконала:

студент (ка) II курсу, групи 208-М
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»
ОПП «Геодезія»

КУШНІР Олеся Олександрівна

Керівник: завідувач кафедри геодезії, картографії та
управління територіями

ДАРЧУК Костянтин Вікторович

До захисту допущено:

протокол засідання кафедри № 3

від «18» «листопада» 2025 р.

Зав. кафедрою _____ доц. Костянтин ДАРЧУК

АНОТАЦІЯ

Кушнір О.О.

Геодезичний супровід прокладання підземних інженерних мереж с.

Шубранець

Кваліфікаційна робота зі спеціальності

193 «Геодезія та землеустрій»

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена комплексному аналізу організації та виконання геодезичного супроводу під час будівництва й реконструкції підземних інженерних мереж на прикладі об'єктів системи водопостачання с. Шубранець. Актуальність теми зумовлена тим, що сучасні мережі функціонують у складних техногенних умовах і потребують високої точності на всіх етапах – від проєктування до введення в експлуатацію. Геодезичні роботи, що забезпечують правильність просторових рішень, відповідність проєкту та контроль якості монтажу, відіграють ключову роль у забезпеченні надійності інженерної інфраструктури.

У роботі розглянуто повний комплекс геодезичного супроводу будівництва: підготовчі роботи, перенесення проєктних даних у натуру, контроль монтажу трубопроводів, виконання виконавчих зйомок і складання технічної документації. Проаналізовано чинну нормативну базу, що регламентує точність вимірювань, правила виконання геодезичних процедур та вимоги до оформлення виконавчих креслень згідно з ДБН, ДСТУ та галузевими стандартами.

Особливу увагу приділено питанням точності та надійності геодезичних вимірювань. Обґрунтовано важливість використання сучасних інструментів – електронних тахеометрів Topcon та GNSS-приймачів Leica, які забезпечують високу швидкість роботи та стабільні результати.

Практична частина містить детальний приклад виконання геодезичного супроводу магістрального водогону в с. Шубранець. Для кожного етапу наведено послідовність геодезичних операцій, вимоги до точності, особливості виконання виконавчих зйомок та приклади оформлення технічної документації. Показано, що системний контроль координат і висотних відміток дозволяє мінімізувати

переробки, запобігти дефектам монтажу та забезпечити довговічність роботи мереж.

Таким чином, результати дослідження мають практичну цінність і можуть бути використані для оптимізації геодезичного супроводу підземних інженерних мереж, підвищення точності будівельно-монтажних робіт і вдосконалення виконавчої документації на об'єктах водопостачання.

ANNOTATION

Kushnir O.O.

Geodetic support for the laying of underground utility networks in Shubranets

Qualification work in the specialty

193 "Geodesy and Land Management"

The master's thesis is devoted to a comprehensive analysis of the organization and implementation of geodetic support during the construction and reconstruction of underground engineering networks using the example of water supply facilities in Shubranets. The relevance of the topic is due to the fact that modern networks operate in complex man-made conditions and require high accuracy at all stages – from design to commissioning. Geodetic works, which ensure the correctness of spatial solutions, compliance with the project, and quality control of installation, play a key role in ensuring the reliability of engineering infrastructure.

The paper considers the full range of geodetic support for construction: preparatory work, transfer of project data to the field, control of pipeline installation, execution of executive surveys, and compilation of technical documentation. The current regulatory framework governing measurement accuracy, rules for performing geodetic procedures, and requirements for preparing as-built drawings in accordance with DBN, DSTU, and industry standards are analyzed.

Particular attention is paid to the accuracy and reliability of geodetic measurements. The importance of using modern instruments—Topcon electronic total stations and Leica GNSS receivers—which ensure high speed of operation and stable results, is substantiated.

The practical part contains a detailed example of geodetic support for a main water pipeline in Shubranets. For each stage, the sequence of geodetic operations, accuracy requirements, features of executive surveys, and examples of technical documentation are provided. It is shown that systematic control of coordinates and elevation marks allows minimizing rework, preventing installation defects, and ensuring the durability of networks.

Thus, the results of the study are of practical value and can be used to optimize geodetic support for underground utility networks, improve the accuracy of construction and installation works, and improve executive documentation at water supply facilities..

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів наукових досліджень інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ О.О. Кушнір
(підпис)

Заява

Студенка Кушнір Олеся Олександрівна

Номер студентської книжки: _____

Я заявляю, що наукова робота: «Геодезичний супровід прокладання підземних інженерних мереж с. Шубранець»

1) Була підготовлена виключно мною, * і:

А. Не порушує авторські права третіх осіб у відповідність із законом про авторське право.

Б. Повністю або частково була використана в якості основи для отримання диплому про вищу освіту або наукового ступеня мною чи іншою особою.

2) Крім того, я заявляю, що надана мною для перевірки електронна версія роботи збігається з друкованою.

Даною заявою я підтверджую, що була, проінформована про права та обов'язки студентки Університету, про правила, що стосуються перевірки оригінальності наукових робіт. Тому я заявляю, що я згідна на обробку моїх письмових робіт у відповідності з антиплагіатними процедурами Університету, а також на архівування цих робіт в базі даних інтернет системи Turnitin Similarity згідно з антиплагіатними правилами і процедурами Університету.

Я також свідома того, що у випадку, якщо робота написана мною, за рішенням Комісії університету буде містити факти, які суперечать умовам зазначеним у цій заяві, або, якщо коефіцієнти виходять за межі гранично допустимих норм (згідно **Додатку 2**), робота буде повернута на доопрацювання.

Дата

Підпис

*Беручи до уваги істотний внесок з боку керівника наукової роботи.

Зміст

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ГЕОДЕЗИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ	11
1.1. Роль і значення геодезичного супроводу у будівництві	11
1.2. Основні етапи та види геодезичних робіт при прокладанні інженерних мереж..	18
1.3. Вимоги до точності та нормативно-технічна база геодезичних робіт.....	21
<i>Висновки до розділу 1</i>	<i>25</i>
РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ ГЕОДЕЗИЧНОГО СУПРОВОДУ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ І МОНТАЖНИХ РОБІТ.....	26
2.1 Планово-висотна основа та її створення для будівельних об'єктів.....	26
2.2 Геодезичні роботи під час розбивки, монтажу та контролю точності конструкцій.....	30
2.3 Виконавчі знімання та оформлення геодезичної документації.....	33
<i>Висновки до розділу 2</i>	<i>36</i>
РОЗДІЛ 3. ГЕОДЕЗИЧНИЙ СУПРОВІД ПРОКЛАДАННЯ ПІДЗЕМНИХ КОМУНІКАЦІЙ В С. ШУБРАНЕЦЬ.....	38
3.1. Загальна характеристика території дослідження.....	38
3.2. Технічні та методичні основи геодезичного супроводу будівництва трубопроводу.....	44
3.2.1. Огляд технічних можливостей підприємства	46
3.2.2. Методика та організація геодезичного супроводу будівництва трубопроводу.	50
3.3. Геодезичні роботи будівельних етапів та оцінка їх точності.....	54
3.3.1. Послідовність будівельних процесів та їх геодезичний контроль.....	54
3.3.2. Аналіз точності геодезичного супроводу	68
<i>Висновки до розділу 3</i>	<i>73</i>
Висновки.....	75
Список використаних джерел.....	83

Вступ

Актуальність теми. Сучасний розвиток міст напряду залежить від стабільного функціонування інженерної інфраструктури, серед якої провідне місце займають системи водопостачання та водовідведення. У сільських умовах наявні мережі часто є фізично та морально зношеними, питання їх реконструкції та модернізації набуває особливої актуальності.

ВНС «Шубранець» має особливе значення для надійного водопостачання міста Чернівці. Саме від цієї насосної станції до РЧВ «Попова», проходить напірний магістральний водогін, який є однією з основних ланок системи централізованого водопостачання. Тому будь-які будівельні чи реконструкційні роботи на цій ділянці потребують підвищеної точності геодезичного супроводу та ретельного контролю.

Геодезичні вимірювання дозволяють:

- забезпечити точне перенесення проєктних рішень у натуру;
- контролювати фактичні положення трубопроводів та їх елементів;
- своєчасно виявляти відхилення від проєкту;
- формувати виконавчу документацію, без якої неможливе введення об'єкта в експлуатацію.

Впровадження сучасних технологій — електронних тахеометрів, GNSS-приймачів, цифрової обробки даних, CAD-програм — дозволяє підвищити точність робіт, скоротити терміни будівництва та мінімізувати ризики аварійних ситуацій, що є критично важливим для інженерних мереж у межах щільної забудови. Саме тому дослідження питань геодезичного забезпечення прокладання трубопроводів у с. Шубранець є своєчасним і необхідним для підвищення надійності міської інфраструктури.

Метою роботи є обґрунтування, розроблення та практичне застосування технології геодезичного забезпечення прокладання інженерних мереж у міських умовах із використанням сучасних засобів вимірювань, цифрових технологій та програмного забезпечення на прикладі об'єкта в с. Шубранець.

Завдання дослідження. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі науково-практичні завдання:

1. Проаналізувати теоретичні основи геодезичного забезпечення будівництва та реконструкції інженерних мереж.
2. Визначити особливості організації та послідовності виконання геодезичних робіт під час прокладання трубопроводів у міських умовах.
3. Надати детальну характеристику об'єкта дослідження та умов його інженерно-геодезичного забезпечення.
4. Описати структуру та зміст геодезичного супроводу на етапах розбивочних робіт, монтажу, контролю та виконавчих знімів.
5. Встановити технічні та методичні вимоги до точності геодезичних вимірювань.
6. Провести аналіз точності визначення просторового положення елементів трубопроводу та оцінити відповідність фактичних результатів проєктним даним.

Об'єктом дослідження є ділянка інженерних мереж (водогін) від ВНС "Шубранець" до РЧВ "Попова", що підлягає реконструкції та потребує детального геодезичного супроводу під час виконання будівельно-монтажних робіт.

Предметом дослідження є методи, технології та засоби геодезичного забезпечення прокладання та реконструкції інженерних мереж, а також точність і якість отриманих геодезичних даних на всіх етапах будівництва.

Методи дослідження. У цій роботі застосовано комплекс таких методів:

- Аналітичні методи — для вивчення нормативно-технічної документації, дослідження теоретичних основ геодезичного забезпечення та аналізу досвіду виконання робіт.
- Інструментальні методи геодезичних вимірювань — з використанням електронного тахеометра, GNSS-приймача, нівеліра для визначення просторового положення елементів мережі.
- Методи камеральної обробки — обробка даних у програмних комплексах.

- Порівняльний аналіз — зіставлення фактичних результатів вимірювань із проєктними значеннями та допустимими нормами ДБН.
- Методи виконавчої геодезії — побудова виконавчих схем, визначення точності та відповідності відхилень нормам.

Наукова новизна роботи полягає у систематизації та практичному застосуванні сучасних методів геодезичного контролю при реконструкції водопровідних мереж.

Практичне значення результатів полягає у можливості їх використання під час планування та виконання геодезичних робіт при реконструкції інженерних мереж у місті Чернівці, а також в інших населених пунктах із подібними умовами забудови.

Структура і обсяг роботи. Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, додатків та списку використаних джерел. Робота представлена на 84 сторінках формату А4. Список використаної літератури містить 25 найменування.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ГЕОДЕЗИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ

1.1 Роль і значення геодезичного супроводу у будівництві

Геодезичний супровід будівництва — це комплекс заходів, спрямований на забезпечення точного винесення проекту на місцевість, контролю положення конструктивних елементів споруди, моніторингу виконання робіт у плані та висоті, а також фіксації фактичного стану об'єкта після виконання робіт. У контексті будівництва інженерних мереж, зокрема підземних, геодезичний супровід набуває особливого значення, оскільки від правильності розміщення, положення та контролю цих елементів залежить безпека, функціональність і довговічність інженерного комплексу.

Точність розташування і забезпечення проектних параметрів

Для забезпечення високої точності винесення проекту створюється спеціальна геодезична база, що включає:

- Опорну геодезичну мережу — систему постійних або тимчасових геодезичних точок, розташованих на території об'єкта або його околицях, які забезпечують точне орієнтування всіх подальших робіт;
- Розмічувальну мережу — внутрішньооб'єктова система пунктів, що дозволяє точно розбити проект на окремі елементи майданчика ;
- Розбивочні роботи — перенесення осей і контурів окремих конструкцій та інженерних мереж на місцевість із забезпеченням заданих проектних параметрів [5];
- Виконавче знімання — контрольне обстеження змонтованих елементів для перевірки їх відповідності проекту, що дозволяє зафіксувати фактичне положення об'єктів і виявити можливі відхилення [6].

Послідовність геодезичних робіт, їх зміст, мету та основні інструменти наведено у Таблиці 1.

Таблиця 1. Послідовність геодезичних робіт

№	Етап робіт	Зміст геодезичних дій	Мета виконання	Основні інструменти
1	Підготовчий	Топографічне знімання, створення опорної мережі	Отримання вихідних геодезичних даних для проектування	GNSS-приймач, тахеометр, нівелір
2	Винесення проекту в натуру	Розбивка осей, реперів, колодязів, трас	Забезпечення точного положення проектних елементів	Тахеометр, візирна рейка
3	Геодезичний контроль	Перевірка відповідності виконаних робіт проекту	Забезпечення якості монтажу і будівництва	Тахеометр, нівелір
4	Виконавча знімання	Фіксація фактичного положення елементів після монтажу	Підготовка виконавчої документації, паспортизація мереж	Тахеометр, GNSS-система
5	Завершальний етап	Здача геодезичної документації, оновлення топоплану	Введення об'єкта в експлуатацію	Комп'ютерна обробка, CAD-системи

Згідно з нормативними документами, зокрема ДБН В.1.3-2:2010 «Геодезичні роботи у будівництві», створення зовнішньої та внутрішньої розмічувальної мережі має здійснюватися відповідно до чітко визначених процедур та з дотриманням встановлених норм точності. Для різних типів робіт і конструкцій нормативами передбачені максимально допустимі похибки по плану та висоті, а також методи контролю та перевірки точності винесення проекту на місцевість.

Особливо важливо забезпечувати точність геодезичного супроводу при будівництві інженерних мереж, таких як водопровідні, каналізаційні або теплові труби. Некоректне винесення трас трубопроводів, неправильне встановлення висотних позначок або порушення проектних ухилів можуть призвести до серйозних наслідків:

- відхилення від проектних параметрів, що ускладнює монтаж труб;

- порушення ухилів, необхідних для нормального руху води чи стоків, що зменшує пропускну здатність системи;
- збільшення обсягів додаткових робіт для виправлення похибок;
- підвищення ризику аварійних ситуацій через неправильне функціонування мережі [8, 9].

Таким чином, забезпечення точності розташування об'єктів і відповідності їх проектним параметрам є не тільки процедурною необхідністю, а й одним з основних факторів, що гарантують ефективність, безпеку та економічну доцільність будівництва. Виконання геодезичного супроводу повинно відбуватися системно, із послідовним виконанням усіх етапів: від створення опорної мережі до контрольної виконавчих знімань, що дозволяє мінімізувати ризики похибок і забезпечити повну відповідність об'єкта проектним вимогам [6].

Контроль якості виконання робіт та виконавче знімання

Геодезичний супровід будівництва охоплює не лише підготовчі етапи, такі як створення опорної та розмічувальної мережі, а й постійний контроль під час виконання будівельно-монтажних робіт. До основних функцій цього етапу належать: розбивка осей фундаментів, котлованів, монтажних конструкцій, проміжний контроль та виконання виконавчих знімань після завершення конкретного етапу будівництва .

Проміжний контроль дає змогу швидко фіксувати будь-які невідповідності проектним параметрам, що дає можливість здійснити корекцію робіт на ранніх стадіях, тим самим підвищуючи якість і надійність виконаних робіт . Як зазначають фахівці, своєчасне проведення геодезичного контролю є ключовим фактором для дотримання проектних вимог, оскільки похибки на ранніх етапах можуть призвести до значних додаткових витрат та ризиків на наступних стадіях будівництва.

Особливо важливим є виконання виконавчих знімань після завершення монтажу чи засипки інженерних мереж. Цей процес дозволяє зафіксувати фактичне положення елементів конструкцій або трубопроводів, що є необхідним для підготовки виконавчої документації та введення об'єкта в експлуатацію. Для підземних мереж це має особливе значення, адже після засипки перевірити

положення труб дуже складно або практично неможливо. Таким чином, своєчасний геодезичний контроль забезпечує можливість підтвердження відповідності виконаних робіт проектним вимогам, зменшуючи ризик прихованих дефектів [9].

Забезпечення безпеки, функціональності та довговічності об'єкта

Коректність геодезичних параметрів безпосередньо забезпечує надійну експлуатацію споруди. Порушення планового чи висотного положення елементів конструкцій може призвести до серйозних дефектів, таких як:

- перекис конструкції або нерівномірний розподіл навантажень;
- підтікання або неправильно заданий ухил трубопроводу, що зменшує пропускну здатність і скорочує термін служби мережі;
- пошкодження взаємопов'язаних елементів споруди через зсуви або нерівномірні навантаження.

Фахівці відзначають, що помилки в геодезичному супроводі можуть негативно вплинути на конструктивну цілісність всієї споруди, а в разі підземних мереж — ускладнити їх подальшу експлуатацію та технічне обслуговування. Таким чином, геодезичний супровід відіграє ключову роль в управлінні ризиками на будівельному майданчику, забезпечуючи контроль якості виконання робіт, підтвердження фактичного стану об'єкта та мінімізацію можливих аварійних ситуацій [13].

Виконання системного геодезичного контролю передбачає не лише технічні дії, але й оформлення виконавчої документації, що включає топографічні карти, плани розташування мереж та конструкцій, а також записи про відхилення від проекту та їх корекцію. Реалізація цього підходу гарантує повну відповідність виконання робіт проектним рішенням, забезпечує надійну й довговічну експлуатацію споруди та оптимізує процеси управління будівельними роботами.

Етапність і комплексність робіт

Геодезичний супровід будівництва здійснюється послідовно, у кілька взаємопов'язаних етапів, які забезпечують точність і контроль проектних параметрів на всіх стадіях реалізації об'єкта. Основні етапи включають:

1. Топографічне знімання ділянки — визначення рельєфу, наявних об'єктів, комунікацій та природних елементів, що дозволяє отримати вихідні геодезичні дані для проектування ;
2. Винесення меж ділянки — перенесення меж проекту на місцевість із фіксацією координат і закріпленням межових точок;
3. Створення геодезичної мережі — опорної та розмічувальної мережі, яка використовується для подальшого винесення проектних елементів і забезпечує точність розбивки;
4. Розбивка осей — перенесення осей фундаментів, колон, інженерних мереж на будівельний майданчик із дотриманням проектних координат і висотних позначок;
5. Монтажний контроль — проміжний контроль під час встановлення конструкцій, трубопроводів або обладнання, що дозволяє своєчасно виявити відхилення від проекту;
6. Виконавче знімання — фіксація фактичного положення елементів після монтажу, підготовка виконавчої документації та паспортів об'єктів;
7. Моніторинг деформацій та змін геометрії об'єкта — контроль за стабільністю конструкцій під час експлуатації та введення об'єкта в експлуатацію [12].

Кожен із цих етапів є взаємопов'язаним і впливає на точність виконання наступних робіт. Особливо важливо це для інженерних мереж: правильне встановлення трас і маркерів на початковому етапі визначає якість монтажу, а подальший контроль після засипки чи введення в експлуатацію дозволяє запобігти прихованим дефектам, які можуть бути критичними для функціонування системи.

Призначення в нормативно-правовій базі

Геодезичні роботи в будівництві регламентуються нормативною базою, яка визначає положення, точність і порядок виконання геодезичних дій. Згідно з ДБН В.1.3-2:2010 «Геодезичні роботи у будівництві», замовник зобов'язаний передати підряднику закріплену геодезичну розмічувальну мережу не менш ніж за 10 днів до початку будівельно-монтажних робіт.

Ця норма підкреслює, що геодезичне забезпечення має бути організоване на ранній стадії будівництва і є невід'ємною складовою всього процесу. Забезпечення своєчасного доступу до опорних точок, реперів та маркерів дозволяє підряднику розпочати роботи без затримок і з дотриманням точності, що безпосередньо впливає на якість і надійність виконання всіх наступних етапів будівництва [1].

Таким чином, етапність та комплексність геодезичного супроводу забезпечують послідовну перевірку і контроль, мінімізують ризики похибок, підвищують точність розташування інженерних мереж та конструкцій, а дотримання нормативних вимог гарантує правову і технічну основу для безпечного виконання будівельно-монтажних робіт.

Значення для прокладання підземних інженерних мереж

При прокладанні водопровідних мереж та інших підземних комунікацій геодезичний супровід набуває специфічного значення, оскільки точність розташування елементів визначає безпеку, функціональність та довговічність всієї системи. Основними завданнями геодезичного контролю при таких роботах є винесення трас трубопроводу на місцевість із точним визначенням планового положення та висотних позначок, контроль висоти та ухилу труб, контроль положення колодязів, з'єднань та монтажних вузлів, а також виконання виконавчих знімань перед засипкою.

Особливість підземних мереж полягає в тому, що після засипки втручання для виявлення помилок є значно складнішим, ніж у випадку надземних конструкцій. Як зазначено у спеціалізованих джерелах, «Важливе значення такі роботи мають при влаштуванні підземних комунікацій, тому що ці системи знаходяться в ґрунті і точно визначити їхнє розташування після завершення монтажу практично неможливо» .

Тому роль геодезичного супроводу на етапі прокладання підземних мереж включає забезпечення коректності монтажу і дотримання проектних параметрів, зниження ризиків пошкоджень трубопроводів та комунікацій під час робіт, розмежування відповідальностей між геодезистом і підрядником, а також

документування результатів, формування виконавчої документації та паспортизації мереж .

Таким чином, геодезичний супровід є ключовим фактором точності, безпеки та надійності підземних інженерних мереж. Його своєчасне і системне виконання дозволяє мінімізувати ризики помилок, забезпечити відповідність виконаних робіт проектним вимогам і створити повноцінну виконавчу документацію для подальшої експлуатації об'єкта [12].

Геодезичний супровід у будівництві — це не лише формальна процедура, а один із базових елементів управління якістю, точністю й безпекою будівельного процесу. Він забезпечує коректне виносення проекту на місцевість, контроль за виконанням будівельно-монтажних робіт, моніторинг і документування результатів. У випадку прокладання підземних інженерних мереж, таких як водопровідні трубопроводи, його значення зростає: помилки на етапі винесення чи монтажу можуть призвести до серйозних функціональних і технологічних наслідків. Тому впровадження і дотримання високих стандартів геодезичного супроводу є критично важливим для успішного реалізації проекту та подальшої надійної експлуатації інженерної мережі.

1.2. Основні етапи та види геодезичних робіт при прокладанні інженерних мереж

Геодезичні роботи є невід’ємною частиною будівельного процесу під час прокладання інженерних мереж, оскільки вони забезпечують точне просторове положення елементів, правильність монтажу та відповідність проектним параметрам. Від якості геодезичного супроводу залежить не лише технічна точність, а й безаварійна експлуатація систем водопостачання, каналізації, теплопостачання, газопостачання та кабельних мереж. Нормативна база, зокрема ДБН В.1.3-2:2010, визначає комплекс геодезичних заходів, що виконуються на всіх етапах будівництва — від підготовчих робіт до здачі об’єкта в експлуатацію [6].

На підготовчому етапі виконуються роботи з топографічних зніманих ділянки, створення опорної планово-висотної геодезичної мережі, а також збір і аналіз вихідних даних для проектування. Результатом цього етапу є топографічні плани масштабу 1:500 або 1:1000 із нанесенням існуючих споруд, інженерних комунікацій, рельєфу та меж ділянки. Встановлюються або уточнюються геодезичні репери та контрольні пункти, які забезпечують подальшу точну розбивку проектних елементів на місцевості. Особливу увагу приділяють відновленню планово-висотної основи та пошуку існуючих підземних мереж за допомогою георадарів, кабелешукачів і архівних матеріалів комунальних служб.

Наступний етап — винесення проекту в натуру або розбивка — передбачає фіксацію трас інженерних мереж, колодязів, камер, стиків і фасонних частин труб, контроль глибин закладання та ухилів трубопроводів, забезпечення точного планового положення елементів. Геодезисти використовують сучасне обладнання: електронні тахеометри, нівеліри, GNSS-приймачі у режимі RTK. Для лінійних об’єктів довжиною понад 500 м створюється пікетаж із кроком 20–50 м. Після розбивки складається акт винесення траси в натуру, підписаний геодезистом і представником підрядника.

Під час монтажу трубопроводів проводиться постійний геодезичний контроль. Він включає перевірку ширини та глибини траншей, контроль горизонтальності і вертикальності колодязів і камер, фіксацію фактичних ухилів та координат труб,

особливо на поворотах і в місцях приєднань. Для безтраншейних методів прокладання (ГНБ, мікротунелювання) застосовується реальний моніторинг траєкторії за допомогою гіроскопічних систем або електромагнітних зондів. Відхилення від проектної осі не повинно перевищувати 100 мм на 100 м. Контроль виконується перед засипкою траншеї, оскільки після завершення земляних робіт виправити похибки практично неможливо [5].

Виконавче знімання проводиться після завершення монтажу і включає визначення фактичного просторового положення всіх елементів мережі. Результати оформлюються у вигляді виконавчих планів і креслень із зазначенням координат, висотних позначок, діаметрів труб, місць колодязів та інших елементів. Проміжні знімання виконуються до засипання траншей, кінцеві — після відновлення благоустрою. Дані обов'язково передаються експлуатаційним організаціям і вносяться до міських ГІС.

Послідовність геодезичних робіт при прокладанні інженерних мереж наведена на (Рис. 1.).



Рис.1. Послідовність виконання робіт

Моніторинг і контроль стабільності елементів мережі після введення об'єкта в експлуатацію дозволяє відстежувати зміни положення трубопроводів, колодязів та камер, а також реагувати на осідання або деформації ґрунтів. Повторні вимірювання висотних позначок та горизонтальних зміщень дають змогу вчасно виявляти тенденції розвитку деформацій і проводити необхідні корекційні роботи.

За своїм змістом геодезичні роботи можна поділити на основні види:

Топографічні — створення вихідної просторової бази для проектування;

Розбивочні — перенесення проекту на місцевість і визначення трас та осей;

Контрольні — перевірка точності монтажу та дотримання проектних параметрів;

Виконавчі — документальне підтвердження виконаних робіт, складання виконавчих планів;

Моніторингові — спостереження за стабільністю об'єкта під час експлуатації [6].

Сучасні технології значно підвищують ефективність геодезичних робіт. Роботизовані тахеометри дозволяють виконувати розбивку та контроль без візирника, GNSS-системи забезпечують точність 10–20 мм навіть у щільній забудові, а 3D-лазерне сканування застосовується для знімань складних колодязів і камер. Спеціалізоване програмне забезпечення (Trimble Access, Leica Captivate, Topcon Magnet Field) автоматизує обчислення і формування виконавчої документації, а хмарні платформи дозволяють миттєво передавати дані з майданчика в офіс для обробки та узгодження [5].

Таким чином, геодезичний супровід прокладання інженерних мереж є системним і комплексним процесом, який охоплює весь цикл робіт — від підготовчих вишукувань до виконавчих зйомок і моніторингу. Якісне виконання геодезичних робіт забезпечує точність положення мереж, контроль монтажу, достовірну виконавчу документацію і безаварійну експлуатацію інженерних систем протягом багатьох років .

1.3. Вимоги до точності та нормативно-технічна база геодезичних робіт

Геодезичні роботи є ключовим етапом підготовки та виконання будівельних і монтажних робіт, оскільки від точності визначення положення об'єктів безпосередньо залежить якість і безпека інженерної інфраструктури. Точність вимірювань визначається кількома показниками: величиною похибок, які поділяються на систематичні та випадкові, а також на абсолютні та відносні. Вибір класу точності визначається складністю проекту, характером конструкцій та видом робіт. Для підземних мереж водопостачання, каналізації та теплопостачання встановлюються більш жорсткі вимоги до горизонтальної та вертикальної точності, ніж для загальної топографічних зніманих територій [2].

До основних вимог, що пред'являються до геодезичних робіт, належить забезпечення точності визначення координат пунктів, допустимих відхилень при побудові осей і проектних відміток, правильне виконання прив'язки об'єктів до існуючих геодезичних мереж, а також контроль відповідності фактичних даних проектним вимогам. Для цього застосовується комплекс методів: полярні, триангуляційні, тахеометричні та GPS/ГНСС-вимірювання, а також нівелювання різних класів. Кожен метод має свої допустимі похибки, визначені нормативними документами, і їх використання залежить від етапу будівництва та необхідної точності.

Нормативно-технічна база геодезичних робіт формується на основі державних стандартів, правил та методичних рекомендацій. В Україні основними документами є ДСТУ Б В.2.3-4-97, ДСТУ Б В.2.3-5-97, ДБН А.2.1-2-2003, а також державні стандарти на нівелювання, тахеометрію та GPS-вимірювання. Ці документи визначають класи точності, порядок виконання робіт, методи контролю та обробки даних, а також оформлення геодезичної документації. Міжнародні стандарти, такі як ISO 17123, визначають точність геодезичних інструментів і рекомендації щодо застосування ГНСС-технологій у будівництві.

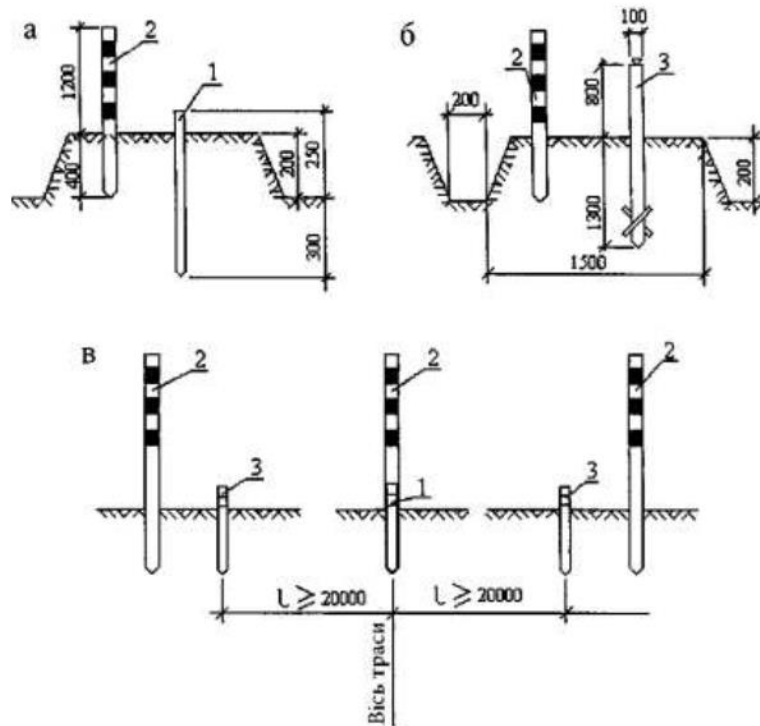
Контроль точності геодезичних робіт здійснюється на всіх етапах — при встановленні базових геодезичних пунктів, під час топографічних зніманих, прокладання інженерних мереж та після завершення монтажу. Допустимі похибки

залежать від класу точності вимірювань і коливаються від ± 1 мм на 100 м для високоточних нівелювань до $\pm 10\text{--}20$ мм для тахеометричних зйомок у складних умовах. Особлива увага приділяється прив'язці до державної геодезичної мережі та правильному перенесенню проектних координат у польові умови, що критично важливо для монтажу трубопроводів, колодязів, насосних станцій та інших елементів мереж [11].

Дотримання вимог до точності геодезичних робіт забезпечує не лише відповідність проектним рішенням, але й економічну ефективність будівництва. Помилки у визначенні координат або відміток призводять до додаткових витрат на виправлення, передчасного зносу матеріалів та порушення функціонування систем водопостачання і каналізації . Сучасні технології, включаючи електронні тахеометри, автоматизовані нівелірні системи та ГНСС-приймачі, дозволяють досягти високої точності навіть у складних умовах міської забудови, на болотистих або пересічених ділянках. Важливо дотримуватися методичних рекомендацій та нормативів щодо обробки даних, складання схем і ведення геодезичного журналу .

У складних умовах міських забудов або при прокладанні інженерних мереж через інші комунікації застосовується комплексний підхід: закріплення геодезичних розмічувальних пунктів на скелях, бетонних конструкціях або спеціальних кріпленнях, створення тимчасових та постійних пунктів із дерев'яних або металевих стрижнів, дотримання мінімальних відстаней до існуючих мереж [6]. На Рис. 2 наведено схему закріплення розмічувальних осей геодезичної мережі лінійних споруд, що демонструє використання тимчасових і постійних пунктів для точного визначення трас і осей проектних об'єктів.

Рисунок В.5 – Закріплення зовнішньої геодезичної розмічувальної мережі на скелях та бетоні



а, б – геодезичні пункти; в – схема закріплення пунктів розмічувальних осей; 1 – тимчасовий пункт із дерева чи металу діаметром від 15 мм до 30 мм; 2 – розпізнавальна віха діаметром від 50 мм до 80 мм; 3 – постійний пункт із дерева діаметром 100 мм або металу діаметром 80 мм

Рис. 2. Закріплення розмічувальних осей (геодезичної розмічувальної мережі) лінійних споруд

Дотримання точності при встановленні та закріпленні пунктів дозволяє уникнути системних похибок у розбивці та забезпечує точну прив'язку всіх елементів мережі. Це є критично важливим для забезпечення коректного ухилу трубопроводів, правильного розташування колодязів і камер, а також безпеки та надійності всієї інженерної інфраструктури.

Таким чином, комплексний геодезичний супровід інженерних мереж включає:

- Встановлення базових геодезичних пунктів і закріплення розмічувальної мережі;
- Проведення топографічних знімань та складання планів;
- Розбивку проектних трас і осей на місцевості;
- Контроль точності монтажу інженерних елементів;

- Виконавче знімання і оформлення документації;
- Моніторинг та контроль стабільності елементів після введення об'єкта в експлуатацію.

Застосування сучасних технологій та суворе дотримання нормативів дозволяє досягти високої точності і надійності при прокладанні інженерних мереж, що є запорукою довговічності систем та безпеки експлуатації.

Висновки до розділу 1

Геодезичний супровід є невід’ємною та системоутворюючою складовою будівництва будь-яких об’єктів будівництва, а при прокладанні підземних інженерних мереж набуває особливої критичної значущості. Від точності геодезичних робіт залежить геометрична відповідність побудованого об’єкта проектним рішенням, безпека виконання будівельно-монтажних робіт, функціональність та довговічність усієї інженерної системи.

Аналіз нормативно-технічної бази показав, що геодезичні роботи чітко регламентуються ДБН В.1.3-2:2010, ДСТУ та галузевими стандартами, які встановлюють обов’язковість створення планово-висотної геодезичної основи, допустимі похибки винесення осей і відміток, періодичність контролю та форму виконавчої документації. Відсутність або порушення цих вимог унеможливорює введення об’єкта в експлуатацію та створює високі ризики аварійних ситуацій.

Комплекс геодезичних робіт охоплює всі етапи будівництва: від підготовчих топографічних зйомок і створення опорної мережі до винесення проекту в натуру, постійного монтажного контролю, виконавчих зйомок та, за необхідності, моніторингу деформацій. При прокладанні підземних мереж ключовими є етапи розбивки трас, контролю ухилів і глибини закладання, а також обов’язкового виконавчого знімання до засипання траншей, оскільки після цього виявлення та виправлення помилок стає технічно неможливим або економічно невиправданим. Точність геодезичних вимірювань безпосередньо впливає на експлуатаційні характеристики мереж.

Отже, якісний геодезичний супровід не є формальною процедурою, а виступає одним із головних інструментів управління якістю, ризиками та вартістю будівництва. При будівництві підземних інженерних мереж він перетворюється на вирішальний фактор, що визначає надійність, безаварійність та термін служби інфраструктури на десятки років вперед. Подальший розвиток технологій лише посилює значення геодезичного забезпечення як основи цифровізації та сталого розвитку будівельної галузі.

РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ ГЕОДЕЗИЧНОГО СУПРОВОДУ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ І МОНТАЖНИХ РОБІТ

2.1. Планово-висотна основа та її створення для будівельних об'єктів

Планово-висотна основа є фундаментальним елементом геодезичного забезпечення будівництва, який забезпечує точне позиціонування об'єктів у просторі. Вона включає мережу геодезичних пунктів, що визначають планові координати (X, Y) та висоти (H) відносно обраної системи координат. Створення такої основи є першим етапом інженерно-геодезичних робіт і безпосередньо впливає на точність усіх подальших будівельних процесів, від проектування до виконавчих знімань. У сучасному будівництві, де вимоги до точності постійно зростають через складність об'єктів (висотні будівлі, лінійні споруди, інфраструктурні проекти), планово-висотна основа стає ключовим інструментом для мінімізації помилок, оптимізації витрат та забезпечення безпеки.

Згідно з нормативними вимогами, такими як Державні будівельні норми (ДБН) України, створення основи повинно відповідати класу точності об'єкта: від 1:500 для міських територій до 1:2000 для великих інфраструктурних проектів. Цей підрозділ розгляне теоретичні засади, методи створення, інструментарій та етапи робіт, акцентуючи на інтеграції сучасних технологій, таких як супутникові системи та цифрове моделювання.

Теоретичні засади планово-висотної основи

Планово-висотна основа базується на принципах геодезії, де планова частина визначає горизонтальне положення пунктів у системі координат (наприклад, СК-63 або УСК-2000 в Україні), а висотна – вертикальне положення відносно рівня моря (Балтійська система висот). Пункти основи поділяються на державні (ДГО – державна геодезична мережа), місцеві (опорні мережі) та будівельні (тимчасові репери для конкретного об'єкта) [15].

Основні вимоги до основи:

- Точність: Для будівельних об'єктів середня квадратична похибка планових координат не повинна перевищувати 5-10 мм, а висот – 3-5 мм, залежно від класу.

- **Стійкість:** Пункти повинні бути захищеними від деформацій (грунтові зсуви, вібрації), з використанням бетонних маркерів або металевих реперів.
- **Щільність:** Розташування пунктів – не рідше 1 на 1-5 га для щільної забудови, з урахуванням видимості для вимірювань.

Теоретично, створення основи ґрунтується на тріангуляції (для планової частини) та нівелюванні (для висотної). Тріангуляція передбачає побудову трикутників між пунктами з вимірюванням кутів та сторін, тоді як нівелювання – визначення перевищень за допомогою рівнів. У сучасних умовах ці методи доповнюються GNSS-технологіями (Global Navigation Satellite System), які дозволяють отримувати координати в реальному часі з точністю до сантиметрів [25].

Методи створення планово-висотної основи

Створення основи для будівельних об'єктів здійснюється за допомогою комбінації класичних та сучасних методів. Класичні методи включають:

Тріангуляція та трилатерація: Для планової основи. Тріангуляція – вимірювання кутів у мережі трикутників за допомогою теодолітів. Трилатерація – вимірювання відстаней електронними далекомірами. Ці методи застосовуються для великих територій, де GNSS недоступне через перешкоди (ліси, висотна забудова).

Нівелювання: Для висотної основи. Геометричне нівелювання (з використанням нівелірів) забезпечує високу точність (до 1 мм/км), тоді як тригонометричне – менш точне, але швидше, з використанням тахеометрів. Гідростатичне нівелювання застосовується для тунелів або закритих просторів.

Сучасні методи:

- **GNSS-вимірювання:** Використання приймачів GPS/GLONASS/Galileo для статичного або кінематичного режимів. Статичний метод – для базових пунктів (точність 1-5 мм), RTK (Real-Time Kinematic) – для

реального часу (точність 1-2 см). Це дозволяє створювати основу за лічені години, порівняно з днями для класичних методів .

- Лазерне сканування: Земне (TLS) або повітряне (ALS) сканування для створення 3D-моделей. Це інтегрується з GNSS для отримання хмари точок, з якої виокремлюються опорні пункти.
- Інтеграція з BIM (Building Information Modeling): У цифровому будівництві основа імпортується в програмне забезпечення (AutoCAD, Revit), де моделюються віртуальні пункти для контролю [2].

Вибір методу залежить від типу об'єкта: для висотних будівель – GNSS з нівелюванням; для лінійних (дороги, трубопроводи) – RTK з трилатерацією.

Інструментарій та технології

Інструменти для створення основи еволюціонували від механічних до цифрових:

- Класичні прилади: Теодоліти (точність 1-5"), нівеліри (0,3-1 мм/км), рулетки.
- Електронні прилади: Тахеометри (комбінація теодоліта та далекоміра, точність 1 мм + 1 ppm), електронні нівеліри з штрих-кодами.
- Супутникові системи: Приймачі Trimble, Leica або Topcon з підтримкою багаточастотних сигналів для зменшення похибок від іоносфери.
- Програмне забезпечення: Для обробки даних – Credo, ТороCAD, GNSS Solutions. Алгоритми включають метод найменших квадратів для зрівнювання мережі, де похибки розподіляються для оптимальної точності.
- Технологічні інновації: Безпілотні літальні апарати (БПЛА) для фотограмметрії, де з аерофото створюється цифрова модель рельєфу (DTM), інтегрована з GNSS. Це особливо ефективно для великих об'єктів, де традиційні методи трудомісткі [28].

Нормативна база в Україні регулює інструментарій: ДБН В.1.3-2:2010 "Геодезичні роботи у будівництві" вимагає періодичної перевірки приладів (метрологічна атестація) та фіксації похибок у журналі робіт.

Етапи створення планово-висотної основи

Процес створення основи структурований у кілька етапів:

Підготовчий етап: Аналіз проектної документації, вибір системи координат, рекогносцировка території для розміщення пунктів. Визначаються вимоги до точності (згідно з ДСТУ Б А.2.4-7:2009).

Польові роботи: Встановлення пунктів (закріплення реперів), вимірювання (GNSS-сесії або тріангуляція). Для висотної основи – нівелювання ходів з замиканням на державні пункти.

Камеральна обробка: Обчислення координат, зрівнювання мережі (виявлення грубих помилок за критерієм 3σ), оцінка точності. Використовуються математичні моделі, наприклад, для GNSS – обробка базових ліній з урахуванням тропосферних поправок.

Контроль та документація: Перевірка на відповідність нормам, складання схем мережі, каталогів координат. Документи включають акти приймання, журнали вимірювань.

Моніторинг: Для динамічних об'єктів (мости, дамби) – періодичний контроль деформацій за допомогою автоматизованих систем (наприклад, Leica GeoMoS) [29].

Ці етапи забезпечують замкнутий цикл, де основа стає базою для винесення проекту в натуру та виконавчих знімань.

Планово-висотна основа є невід'ємною частиною геодезичного супроводу будівництва, забезпечуючи геометричну точність об'єктів. Її створення поєднує традиційні методи з інноваційними технологіями, дозволяючи адаптуватися до складних умов. У контексті магістерських досліджень, аналіз створення основи може бути доповнений математичним моделюванням похибок або порівнянням методів (GNSS vs. класичні). Це сприяє розвитку геодезії як науки, орієнтованої на стаке будівництво.

2.2. Геодезичні роботи під час розбивки, монтажу та контролю точності конструкцій

Геодезичні роботи під час розбивки, монтажу та контролю точності конструкцій є одним із найвідповідальніших етапів геодезичного супроводу будівництва. Вони забезпечують точне перенесення проектних рішень у натуру, постійний контроль геометричних параметрів елементів у процесі їх встановлення та остаточну оцінку відповідності зведеного об'єкта вимогам нормативних документів. Від якості виконання цих робіт залежить несуча здатність конструкцій, їх довговічність, безпека експлуатації та відсутність деформацій у період експлуатації будівлі чи споруди. Нормативною базою є ДБН В.1.3-2:2010 «Геодезичні роботи у будівництві», ДБН В.2.6-198:2014 «Конструкції будинків і споруд», ДСТУ-Н Б В.1.3-3:2014 та галузеві настанови, які встановлюють гранично допустимі відхилення для різних типів конструкцій.

Розбивка (винесення проекту в натуру) починається одразу після створення та закріплення планово-висотної основи. На цьому етапі геодезисти переносять на місцевість головні та допоміжні осі будівлі, контури котловану, фундаменти, технологічні отвори, закладні деталі та проектні відмітки. Роботи виконуються з використанням електронних тахеометрів, GNSS-приймачів у режимі RTK, лазерних нівелірів та цифрових рівнів. Для великих майданчиків застосовують комбіновані методи — полярний, прямокутних координат або ортогональний, що дозволяє досягти точності винесення 3–5 мм у плані та 2–3 мм за висотою. Після винесення осей їх закріплюють тимчасовими або постійними знаками (фарбою, кілочками, металевими штирями), а положення фіксують у розбивному кресленні та журналі геодезичних робіт [31].

Під час монтажу конструкцій геодезичний контроль здійснюється безперервно на кожному технологічному етапі. При встановленні колон і вертикальних елементів перевіряється їх вертикальність, при монтажі ригелів і балок — горизонтальність і відповідність проектним відміткам, при укладанні плит перекриттів — рівність поверхні та відсутність перевищень між суміжними елементами. Контроль вертикальності виконується за допомогою тахеометра або

цифрового схилу, горизонтальності — лазерним нівеліром або високоточним нівелюванням. Особливу увагу приділяють монтажним стикам: відхилення осей стиків не повинні перевищувати 5 мм для залізобетонних конструкцій і 3 мм для металевих. У процесі монтажу кожна конструкція приймається геодезистом з складанням акта прихованих робіт, що є обов'язковою умовою для продовження будівництва.

Контроль точності геометричних параметрів конструкцій включає кілька видів вимірювань. Основними з них є:

- контроль вертикальності колон, стін, пілонів (допустиме відхилення 1/1000 висоти, але не більше 30 мм для багатоповерхових будівель);
- контроль горизонтальності балок, плит перекриттів, прогонів мостів (допустиме відхилення ± 5 мм на 10 м довжини);
- контроль розмірів монтажних зазорів і стиків (від 5 до 20 мм залежно від типу конструкції);
- контроль взаємного положення суміжних елементів (перевищення між плитами не більше 4 мм).

У разі виявлення відхилень, що перевищують нормативні значення, геодезист видає зауваження підряднику із зазначенням необхідних коригувальних заходів.

Після завершення монтажу кожного ярусу або етапу виконується виконавче знімання, яка фіксує фактичне положення конструкцій. Виконавче знімання проводиться тахеометром або 3D-сканером, результати обробляються у спеціалізованому програмному забезпеченні (AutoCAD Civil 3D, Revit, Trimble Business Center). На підставі знімань складаються виконавчі схеми, профілі та відомості відхилень. Ці документи є невід'ємною частиною технічної документації об'єкта і передаються замовнику разом з актом приймання геодезичних робіт. У разі застосування BIM-технологій дані виконавчих знімань імпортуються в інформаційну модель будівлі, що дозволяє автоматично виявляти колізії та планувати подальші роботи.

Особливу увагу приділяють геодезичному контролю при монтажі складних інженерних конструкцій — мостів, естакад, резервуарів, димових труб. Тут додатково застосовують тригонометричне нівелювання, GNSS-моніторинг у реальному часі та системи автоматичного контролю деформацій. Наприклад, при зведенні вантових мостів точність винесення пілонів становить 2–3 мм, а контроль натягу вант здійснюється з точністю 1 мм. Для резервуарів і силосів контролюється радіус кривизни оболонки, відхилення від вертикалі та рівність фундаментного кільця [24].

Сучасні технології значно підвищили ефективність геодезичного контролю. Використання роботизованих тахеометрів дозволяє одному геодезисту виконувати вимірювання без візирника, а інтеграція з хмарними сервісами забезпечує миттєве передавання даних у офіс для обробки. 3D-лазерне сканування скорочує час виконавчих знімань у 5–10 разів порівняно з традиційними методами і дає повну хмару точок з точністю до 2 мм. Безпілотні літальні апарати застосовуються для контролю великогабаритних конструкцій (стадіони, промислові корпуси), де недоступні наземні методи.

Таким чином, геодезичні роботи під час розбивки, монтажу та контролю точності конструкцій є комплексним процесом, що поєднує високоточні вимірювання, постійний моніторинг і документальне оформлення. Їх виконання відповідно до чинних норм гарантує геометричну якість об'єкта, запобігає аварійним ситуаціям і забезпечує можливість безпроблемної експлуатації будівлі протягом усього терміну служби.

2.3. Виконавчі знімання та оформлення геодезичної документації

Виконавчі знімання є завершальним і одним із найважливіших етапів геодезичного супроводу будівництва. Вони фіксують фактичне положення зведених конструкцій, інженерних мереж, елементів благоустрою та рельєфу після завершення окремих етапів або всього об'єкта в цілому. Метою виконавчих зйомок є документальне підтвердження відповідності побудованого об'єкта проектній документації, виявлення відхилень, що виникли в процесі будівництва, та створення достовірної геопросторової основи для подальшої експлуатації, реконструкції або внесення даних до державних кадастрів і геоінформаційних систем. Нормативною базою виступають ДБН В.1.3-2:2010 «Геодезичні роботи у будівництві», ДСТУ-Н Б В.1.3-3:2014, Інструкція про порядок здійснення виконавчих зйомок (наказ Мінрегіону № 45 від 18.02.2016) та Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність».

Виконавчі знімання поділяються на поточні (проміжні) та кінцеві (генеральні). Поточні виконуються після завершення прихованих робіт (фундаменти, підземні мережі, закладні деталі, гідроізоляція), кінцеві — після повного завершення будівництва перед введенням об'єкта в експлуатацію. Обов'язковими об'єктами виконавчих зйомок є котловани, фундаменти, колони, стіни, перекриття, покрівля, інженерні мережі, дороги, майданчики, елементи благоустрою та вертикальне планування території. Точність знімань визначається класом об'єкта: для відповідальних конструкцій середня квадратична похибка планового положення не перевищує 10 мм, висотного — 5 мм; для інженерних мереж — 50 мм у плані та 20 мм за глибиною закладання [24].

Сучасні методи виконавчих зйомок значно розширили можливості геодезистів порівняно з традиційними. Найпоширенішими є електронна тахеометрична знімань, GNSS-вимірювання в режимі RTK або постобробки, наземне лазерне сканування (TLS) та фотограмметрія з використанням БПЛА. Тахеометричне знімання залишається універсальним методом для більшості об'єктів, оскільки дозволяє одночасно отримувати планові координати та висоти з точністю 2–5 мм. Лазерне сканування застосовується на складних об'єктах (фасади історичних

будівель, промислові корпуси, мости), де необхідно отримати мільйони точок за короткий час з точністю 2–6 мм. БПЛА використовують для знімань великих територій, покрівель, котлованів та лінійних об'єктів, забезпечуючи створення ортофотопланів масштабу 1:500 з висотною точністю до 30 мм. Обробка даних виконується у спеціалізованому програмному забезпеченні: Trimble Business Center, Leica Cyclone, Agisoft Metashape, Bentley ContextCapture, AutoCAD Civil 3D або Credo.

Особливу увагу приділяють виконавчим зніманням підземних інженерних мереж, оскільки після засипання траншей доступ до них обмежений. Знімання проводиться до засипання та після неї (контрольна). Фіксуються координати колодязів, поворотних точок, глибина закладання, ухили трубопроводів, діаметри та матеріали труб. Дані вносяться до єдиної електронної бази міста або експлуатаційної організації. Для безтраншейних методів прокладання (ГНБ, мікротунелювання) застосовується реал-тайм моніторинг траєкторії за допомогою гіроскопічних систем або магнітних датчиків з точністю 50–100 мм на 100 м довжини.

Оформлення геодезичної виконавчої документації є строго регламентованим процесом і має відповідати вимогам ДСТУ Б А.2.4-4:2009 «Основні вимоги до проектної та робочої документації». Основними документами є:

- виконавчі схеми (планові, висотні, профілі);
- відомості відхилень від проекту;
- каталоги координат та висот;
- акти приймання робіт;
- журнали виконавчих зйомок.

Виконавчі схеми складаються у масштабі 1:100–1:500 на основі топографічної підоснови. На них наносяться проектне та фактичне положення конструкцій різними лініями (проект — суцільна тонка, фактичне — суцільна товста або штрихпунктирна). Відхилення позначаються стрілками з числовим значенням у міліметрах. Для підземних мереж обов'язковим є нанесення глибин закладання

через кожні 20–50 м та у поворотних точках. Профілі складаються для лінійних об'єктів (дороги, трубопроводи) з відмітками через 10–20 м. Каталоги координат та висот подаються у системі УСК-2000 та Балтійській системі висот з точністю до 1 мм [29].

Акти приймання геодезичних робіт складаються за формою додатка до ДБН В.1.3-2:2010 і підписуються геодезистом, представником підрядника, авторського та технічного нагляду. У разі виявлення відхилень, що перевищують допустимі значення, складається акт про невідповідність із зазначенням термінів усунення. Журнали виконавчих зйомок ведуться щоденно і містять дату, погодні умови, використані прилади, перелік знятих точок та зауваження.

У цифровому форматі документація формується у вигляді BIM-моделі або геоінформаційного проєкту. Дані виконавчих зйомок імпортуються у міські ГІС (наприклад, ArcGIS, QGIS), що дозволяє експлуатаційним службам швидко локалізувати мережі під час аварій або планових ремонтів. З 2021 року в Україні діє вимога щодо обов'язкового подання виконавчих схем підземних мереж у форматі XML для внесення до Державного земельного кадастру та Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва (ЄДЕССБ).

Таким чином, виконавчі знімання та оформлення геодезичної документації є завершальним етапом, що підтверджує якість будівництва та створює достовірну інформаційну базу для всього життєвого циклу об'єкта. Їх своєчасне та правильне виконання запобігає конфліктам при прийманні об'єкта, зменшує ризики аварій та забезпечує можливість швидкої реконструкції або модернізації у майбутньому.

Висновки до розділу 2

Організація геодезичного супроводу будівельних і монтажних робіт є чітко структурованою системою, що ґрунтується на послідовному створенні надійної планово-висотної основи, точному виконанні розбивочних робіт, безперервному контролі монтажу конструкцій та обов'язковому документальному фіксуванні фактичного стану об'єкта за допомогою виконавчих зйомок.

Створення планово-висотної геодезичної основи є першим і визначальним етапом, від якості якого залежить точність усіх подальших геодезичних дій. Сучасні технології дозволяють створювати основу з середньоквадратичними похибками 5–10 мм у плані та 3–5 мм по висоті навіть у складних умовах щільної міської забудови, значно скорочуючи терміни робіт порівняно з класичними методами тріангуляції та геометричного нівелювання.

Геодезичні роботи під час розбивки, монтажу та контролю точності конструкцій забезпечують геометричну відповідність зведеного об'єкта проектним рішенням на кожному технологічному етапі. Постійний контроль вертикальності, горизонтальності, розмірів стиків та монтажних зазорів з дотриманням гранично допустимих відхилень (встановлених ДБН В.1.3-2:2010 та ДСТУ-Н Б В.1.3-3:2014) запобігає накопиченню похибок, що могли б призвести до втрати несучої здатності конструкцій або аварійних ситуацій під час експлуатації.

Виконавчі знімання та оформлення геодезичної документації є завершальним і юридично значущим етапом геодезичного супроводу. Вони не лише фіксують фактичне положення всіх конструктивних елементів і підземних мереж з необхідною точністю, але й формують повний комплект документів (виконавчі схеми, каталоги координат, акти прихованих робіт), без якого неможливе отримання сертифіката про прийняття об'єкта в експлуатацію та внесення даних до ЄДЕССБ і міських ГІС.

Таким чином, організація геодезичного супроводу на етапах створення планово-висотної основи, розбивки й монтажу конструкцій та виконання

виконавчих зйомок утворює замкнутий цикл управління геометричною якістю будівництва. Використання сучасного високоточного обладнання та цифрових технологій перетворює геодезичний супровід із допоміжної служби на один із ключових інструментів зниження ризиків, скорочення термінів і вартості будівництва, а також забезпечення довговічної та безаварійної експлуатації об'єктів інженерної інфраструктури.

РОЗДІЛ 3. ГЕОДЕЗИЧНИЙ СУПРОВІД ПРОКЛАДАННЯ ПІДЗЕМНИХ КОМУНІКАЦІЙ В С. ШУБРАНЕЦЬ

3.1. Загальна характеристика території дослідження

Територія дослідження охоплює ділянку магістрального напірного водогону від водопровідної насосної станції (ВНС) «Шубранець» до резервуарної камери чистої води (РЧВ) «Попова». Ця траса є важливим основним елементом системи водопостачання, забезпечуючи подачу питної води. Об'єкт дослідження обрано з урахуванням практичної діяльності, на цьому проєкті, що дозволяє провести аналіз реальних умов геодезичного супроводу прокладання та реконструкції підземних інженерних мереж великого діаметру, обробки результатів геодезичних вимірювань та ведення виконавчої документації на об'єкті.

Територія заболочена, з високим рівнем ґрунтових вод і невеликими водоймами. Ґрунти – суглинки та глина, що ускладнює земляні роботи через необхідність водовідведення та засипки водойм.

В геоморфологічному відношенні (за П.М. Цисем) територія вишукувань розташована в області Волино-Подільської височини, підобласті Подільської височини в районі Глибоко розчленованої височини Придністровського Поділля.

Географічно с. Шубранець розташоване у західній частині України.

Це — важлива частина міського водопостачання, оскільки магістраль забезпечує подачу питної води у північну та центральну частину міста Чернівці. Трубопровід працює під напором, що підвищує вимоги до точності його геометричного положення. Будь-які відхилення осі труби, недотримання ухилів або нерівномірність основи можуть призвести до аварій, втрат тиску, деформацій та нерівномірного навантаження на стінки труби.

Існуюча система водопостачання на досліджуваній ділянці складається з двох паралельних магістральних трубопроводів діаметром 900 мм і 1000 мм, прокладених на глибині 1,8–2,2 м. Резервний трубопровід (Ду 1000 мм) використовується як тимчасовий під час реконструкції основного. Траса проходить у напірному режимі з робочим тиском 4–6 атм, що створює підвищені вимоги до геометричної точності прокладання: відхилення від проектного профілю не

повинні перевищувати 20–30 мм за висотою та 50 мм у плані. Ділянка характеризується високою аварійністю: за останні 5 років зафіксовано понад 15 значних проривів, що призводили до тимчасового відключення водопостачання для десятків тисяч мешканців та значних втрат води.

Для дослідження обрано ділянку водоводу ВНС "Шубранець" - РЧВ "Попова", довжиною 1157.8 м з труби з високоміцного чавуну з кулеподібним графітом DN800, PN25, що прокладається підземно (Рис. 3).

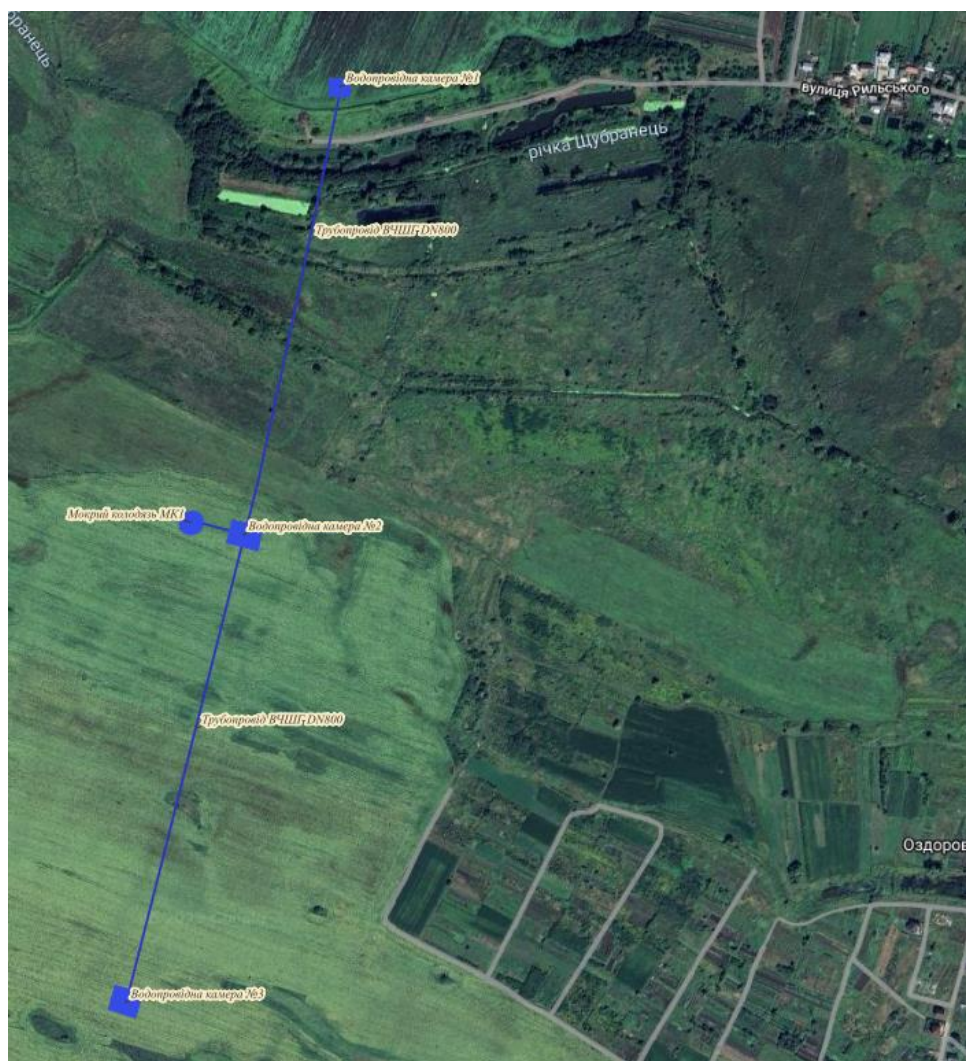


Рис.3. Фрагмент проектного водогону водоводу від ВНС "Шубранець" до РЧВ "Попова"

Роботи з прокладання трубопроводу виконуються паралельно існуючому водогону, у межах коридору, вільного від наявних інженерних комунікацій. Трасу

запроектовано переважно по сільськогосподарських угіддях, у спільному коридорі з діючими мережами.а

Виконання будівельно-монтажних робіт організоване поетапно, із мінімальними перервами у водопостачанні. Це забезпечується завдяки тимчасовому переключенню споживачів на резервний трубопровід. Загальна протяжність реконструйованої ділянки на першому етапі становить близько 5,8 км. Технологія будівництва передбачає використання відкритого способу у траншеях. Геодезичний супровід охоплює весь комплекс робіт: від відновлення планово-висотної основи до виконавчих знімань та передачі цифрових даних до міської геоінформаційної системи.

Більш детальне дослідження проводилось на фрагменті магістрального водогону діаметром 800 мм. Розглянута ділянка довжиною 50 м розташована в межах пікетажу 2ПК3+80,00 – 2ПК4+30,00 (рис. 4). Вона є частиною основної траси магістрального напірного водогону, що сполучає ВНС «Шубранець» з резервуарним комплексом «Попова».

Досліджувана територія є типовим прикладом міського лінійного інженерного об'єкта зі складними рельєфними та гідрогеологічними умовами та значною кількістю комунікацій. Це робить її оптимальною для аналізу сучасних методів геодезичного забезпечення прокладання підземних мереж великого діаметра, оцінювання точності вимірювань та формування практичних рекомендацій щодо підвищення надійності інфраструктури водопостачання. Участь у реальних роботах на об'єкті забезпечує доступ до первинних польових даних, що підвищує достовірність та наукову цінність дослідження.

Земляні роботи включають зрізання рослинного шару ґрунту з подальшим переміщенням у відвал, відшурфовування місць перетину проєктованого трубопроводу з існуючими мережами, механізовану розробку ґрунту в траншеях із складуванням вздовж трасування та вивезенням надлишків у відвал. Дно траншеї доробляється вручну до проєктної відмітки основи під піщану підготовку. Основу ущільнюють до коефіцієнта $K=0,95$, після чого влаштовують піщану або щебеневу подушку з ущільненням вібротрамбівками.

Після перевірки рівності основи та висотних позначок виконується укладання трубопроводу. Зворотну засипку пазах траншеї до висоти 300 мм над верхом труби виконують вручну з ущільненням до $K=0,95$, після чого здійснюється механізована засипка з пошаровим ущільненням віброплитами або котком. Коефіцієнт ущільнення контролюється лабораторними методами.

Перед укладанням трубопроводу перевіряється стан підготовленої основи. Труби подаються в траншею та з'єднуються у розтрубах відповідно до проєктних вимог. Після монтажу виконується перевірка точності положення труб у плані та по висоті, а також візуальний огляд якості стиків. Підбивання пазах під трубою здійснюється вручну піском, що відповідає вимогам до обсіпки. Ущільнення обсіпки товщиною 200–300 мм проводиться до відмітки 300 мм над верхом труби.

Прокладання трубопроводу розпочинається з визначення місць підключення до існуючої мережі та уточнення фактичних висотних відміток. У разі виявлення істотних відхилень геодезист подає інформацію проєктному відділу для коригування рішень.

Перед початком земляних робіт на місцевості закріплюються мітки напрямку траси трубопроводу та межі зняття рослинного шару. Після цього бульдозером зрізають рослинний шар на глибину 15–50 см із формуванням валів для подальшого використання при рекультивації. Основні земляні роботи виконуються гусеничним повноповоротним екскаватором.

Дослідження проводилось на фрагменті магістрального водогону діаметром 800 мм у складі проєкту «Реконструкція водопровідної мережі м. Чернівці». Розглянута ділянка довжиною 50 м розташована в межах пікетажу 2ПК3+80,00 – 2ПК4+30,00 (рис. 4). Вона є частиною основної траси магістрального напірного водогону, що сполучає ВНС «Шубранець» з резервуарним комплексом «Попова».

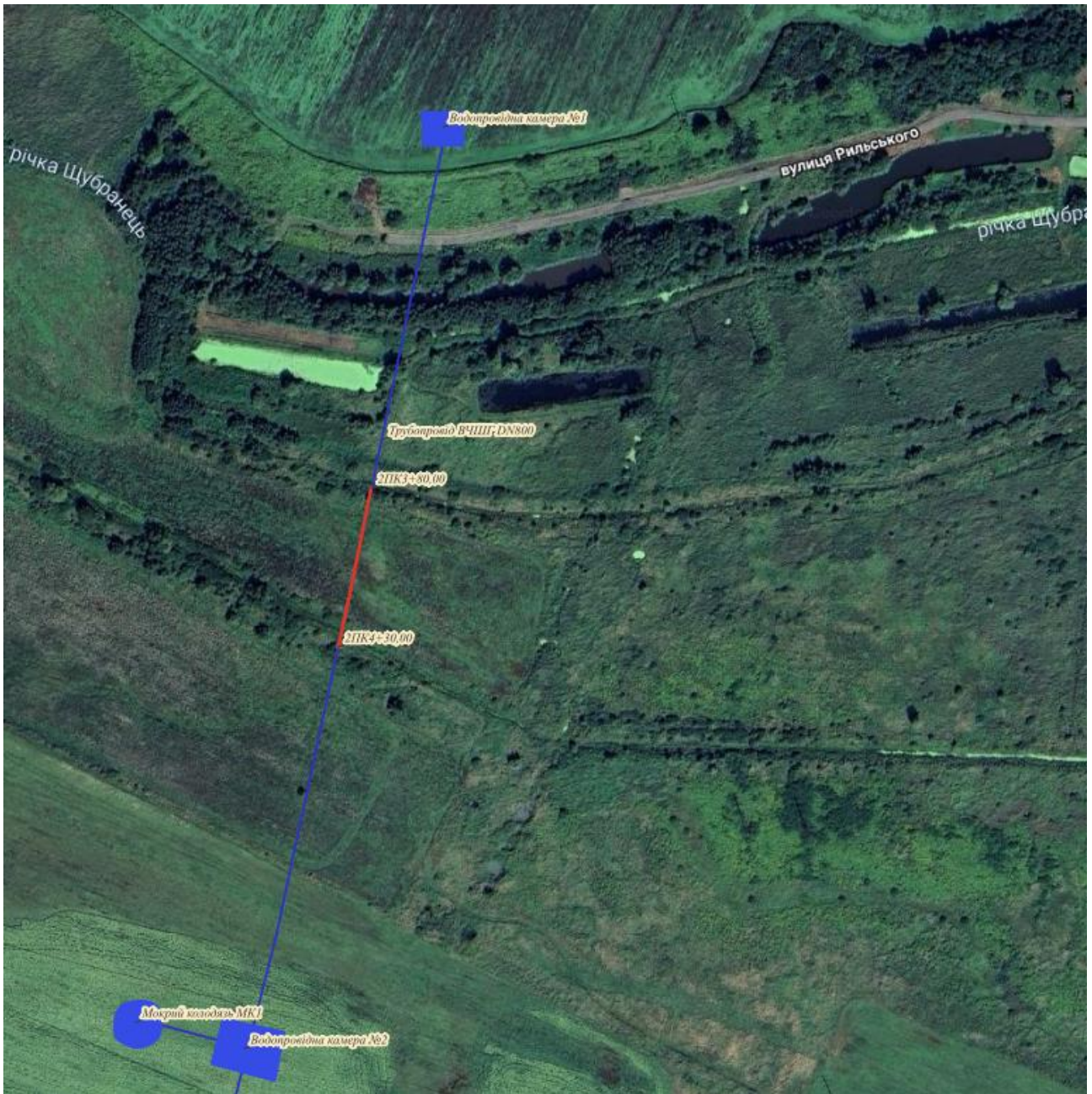


Рис.4. Фрагмент трасування трубопроводу, прийнятий для аналізу та геодезичного супроводу будівництва

Окрему технічну складність становлять траншеї глибиною 3,2–3,6 м, де необхідний постійний контроль стійкості укосів та геометрії.

Для дослідження точності геодезичного супроводу на цій ділянці використовувався комплекс виконавчих знімачів:

1. знімання розробки ґрунту;
2. знімання щебеневої підготовки;
3. виконавче знімання піщаної підготовки;

4. схема монтажу трубопроводу (стики);
5. знімання піщаної обсіпки труби;
6. знімання зворотної засипки;

Усі ці матеріали разом дозволяють виконати поетапний аналіз точності й відповідності виконаних робіт проектним рішенням.

3.2. Технічні та методичні основи геодезичного супроводу будівництва трубопроводу

Геодезичне забезпечення реконструкції напірного водогону «Шубранець – Попова» здійснюється на всіх етапах будівництва — від підготовчих робіт і розбивки осей до виконавчих зйомок та здачі об'єкта в експлуатацію. Основними завданнями геодезичної служби є:

- створення та розвиток геодезичної розбивочної основи будівництва;
- виконання планово-висотної розбивки траси трубопроводу;
- закріплення поворотних і контрольних точок;
- геодезичний контроль монтажу труб;
- ведення виконавчої документації (схем, профілів, зйомок).

Організація

робіт.

Перед початком польових вимірювань здійснюється вивчення проектної документації, топографічних планів та геологічних даних. Далі проводиться рекогносцировка місцевості — визначення умов доступу, рельєфу, наявності інженерних комунікацій. Після цього створюється розбивочна геодезична основа — система реперів і знаків, від яких виконуються всі подальші вимірювання. Вона закріплюється довготривалими пунктами (металевими шпильками, бетонними марками) з точністю, що відповідає вимогам для магістральних інженерних мереж.

Методика

виконання

робіт.

Планові вимірювання виконуються електронними тахеометрами або GNSS-приймачами з точністю до ± 5 мм. Висотне положення контролюється нівелюванням III класу з допустимою похибкою не більше ± 10 мм на 1 км ходу. Розбивка траси здійснюється по проектних координатах і відмітках осі водогону, з перенесенням у натуру всіх кутів повороту, колодязів, вузлів з'єднань і точок зміни ухилу.

Під час монтажу труб виконується операційний контроль — перевірка поздовжнього ухилу та глибини залягання труб. Після завершення збирання чергової ділянки проводиться виконавчі знімання, результати якої наносяться на

виконавчу схему.

За необхідності здійснюється геодезичний моніторинг положення трубопроводу в проблемних зонах (зсувні ділянки, насипи, місця перетину з іншими мережами).

Особливості дослідної частини.

У межах магістерського дослідження передбачається аналіз точності виконання геодезичних робіт на одному з етапів реконструкції — наприклад, визначення похибок при перенесенні проектних відміток у натуру або при виконанні виконавчих знімань.

Дослідна частина може включати:

- порівняння даних з проектними та фактичними відмітками місцевості;
- оцінку зміщень трубопроводу;

Таким чином, геодезичний супровід реконструкції магістрального водогону є ключовим елементом забезпечення якості та надійності будівництва. Від правильності організації та виконання вимірювань залежить не лише точність укладання труб, а й довговічність та безпечність експлуатації всієї системи водопостачання.

3.2.1. Огляд технічних можливостей підприємства

Кінцевим матеріалом будь-яких вишукувань є план місцевості в паперовій, або цифровій формах. Для його створення необхідні, в першу чергу, точні просторово-висотні дані, які отримуються шляхом геодезичних вимірювань.

Для виконання інженерно-геодезичних робіт на підприємстві використовується сучасний вимірювальний комплекс, який забезпечує точність, швидкість і надійність отримання просторових даних. Геодезичні інструменти, що знаходяться на озброєнні підприємства, дозволяють проводити широкий спектр робіт: топографічні знімання, виконавчу документацію, винесення в натуру, контроль деформацій, створення та оновлення геодезичної основи. До основних приладів відносяться електронний тахеометр Topcon GPT-7500, супутниковий приймач Leica GS08 та польовий контролер Leica CS10, який забезпечує керування GNSS-обладнанням та збір даних.

Таблиця 2. Технічні характеристики та можливості геодезичного обладнання підприємства

Прилад	Основні характеристики	Можливості використання
Торсон GPT-7500 (електронний тахеометр)	– Точність вимірювання кутів: 2"–3" – Дальність вимірювання без відбивача: до 2000 м – Дальність з призмою: до 3500–5000 м – Час вимірювання: 0,9–1,2 с – Компенсатор двовісний автоматичний – Лазерний візир – Інтерфейси: USB, RS-232, Bluetooth – Робота від акумулятора: до 10 год	– Топографічні та виконавчі знімання – Винесення осей та конструктивних елементів у натуру – Робота без відбивача на складних ділянках – Визначення площ, перетинів, об'ємів – Моніторинг деформацій конструкцій
Leica GS08 (GNSS-приймач)	– Підтримка GPS/GLONASS/Galileo/BeiDou – Режим: RTK, статичний, швидкий статичний – Точність RTK: 1–2 см по плану – Ініціалізація RTK: <10 с – Захист корпусу: IP67 – Пам'ять внутрішня + SD-карта – Робота від батареї: до 8 год	– Створення геодезичної мережі об'єкта – Визначення координат точок з сантиметровою точністю – Виконавчі знімання інженерних мереж – Підтримка роботи через мережу постійних станцій
Leica CS10 (польовий контролер)	– Операційна система: Windows Embedded Handheld – Бездротові інтерфейси: Bluetooth, 3G, Wi-Fi – Робота з ПЗ Leica SmartWorx – Сенсорний дисплей – Пам'ять: 2–8 ГБ – Захист корпусу: IP67	– Керування GNSS-приймачем під час виконання знімань – Збирання, кодування та передача польових даних – Формування журналів точок, моделей та ліній

Електронний тахеометр Topcon GPT-7500 (Рис. 4) є універсальним приладом, який використовується під час будівництва для вирішення широкого спектра завдань. Його головною перевагою є поєднання високої точності кутових вимірювань, швидкого та стабільного далекоміра, а також можливість роботи у



безпризмовому режимі. Це дозволяє проводити вимірювання на небезпечних зонах або на об'єктах, до яких неможливо наблизитися з відбивачем. Завдяки лазерному візиру та зручній системі наведення прилад ефективний при розплануванні будівельних осей, конструктивних елементів, монтажних

точок. У внутрішню пам'ять записуються всі виміряні точки, що забезпечує автоматизацію та виключає появу помилок, характерних для ручних вимірювань. Інтерфейси зв'язку дозволяють швидко передавати інформацію до програмного забезпечення, де виконуються обробка та побудова планів.

GNSS-приймач Leica GS08 (Рис. 5) використовується для створення та оновлення геодезичної основи будівництва, а також для швидких топографічних знімів. Завдяки багаточастотній антені та підтримці всіх глобальних супутникових систем він забезпечує стабільний прийом сигналу навіть у складних умовах — біля забудови, у лісових масивах, поблизу інженерних споруд. У режимі RTK приймач дозволяє отримувати координати з точністю до 1–2 см, що робить його незамінним під час перенесення проектних точок, знімання комунікацій, складання виконавчої документації. Вбудована пам'ять та SD-картка дають змогу



зберігати великі обсяги інформації, а захист корпусу IP67 забезпечує надійну роботу в умовах дощу,

Рис.5. GNSS-приймач
Leica GS08

низьких температур та запиленості будівельного майданчика.

Польовий контролер Leica CS10 (Рис. 6) є ключовим елементом роботи з GNSS-приймачем. Завдяки операційній системі Windows Embedded Handheld та програмному забезпеченню Leica SmartWorx він забезпечує повний контроль над процесом знімання. Контролер дозволяє створювати структуру об'єкта, вводити коди елементів, використовувати каталоги точок і ліній, оформлювати виконавчі схеми безпосередньо в полі. Наявність модулів Bluetooth, Wi-Fi і 3G забезпечує передачу



Рис. 6. Польовий інформації до офісу майже в режимі реального часу та контролер Leica CS10 можливість отримувати корекції RTK через мережу постійних станцій. Завдяки міцному корпусу контролер витримує падіння, дощ, вібрації та температурні коливання, що робить його оптимальним інструментом для польових умов.

Разом ці прилади формують повний вимірювальний комплекс, який дозволяє проводити будівельні, проектні та контролюючі геодезичні роботи з високою точністю та продуктивністю. Використання сучасних технологій GPS/GNSS та електронних тахеометрів значно скорочує час польових робіт, мінімізує помилки та підвищує якість виконання вимірювань. Завдяки цьому підприємство забезпечує точне прив'язування проектних об'єктів, належне ведення виконавчої документації та ефективний контроль за станом будівельних конструкцій.

3.2.2. Методика та організація геодезичного супроводу будівництва трубопроводу

Геодезичний супровід є невід’ємною та обов’язковою складовою будівництва інженерних мереж, зокрема магістральних напірних трубопроводів великого діаметра. Від точності геодезичних робіт залежить просторове положення трубопроводу, відповідність проектним рішенням, а також безпечна експлуатація та надійність усієї системи. Геодезичний супровід охоплює контроль усіх етапів виконання робіт — від підготовки території до завершення монтажу трубопроводу та зворотної засипки траншеї. Основними його завданнями є забезпечення точного винесення проектних рішень у натуру, визначення та контроль просторового положення трубопроводу, проведення поетапних виконавчих знімів, документальне підтвердження обсягів виконаних робіт, а також перевірка відповідності фактичних параметрів вимогам ДБН та технічним специфікаціям.

Геодезичні роботи виконуються відповідно до ДБН А.2.1-1, ДСТУ-Н Б В.1.3-18, ДБН В.1.3-2:2010 та чинних інструкцій із геодезичного забезпечення будівництва. До початку основних робіт формується геодезична розбивочна основа, яка включає опорні точки, що забезпечують можливість виконання всіх подальших вимірювань. Вихідними матеріалами є креслення поздовжнього та поперечних профілів, проектні координати поворотних точок траси, дані щодо висотної мережі, схема існуючих геодезичних пунктів, а також схема розміщення пунктів геодезичної розбивочної мережі (Рис. 7.), яка використовується як основа для організації вимірювань.

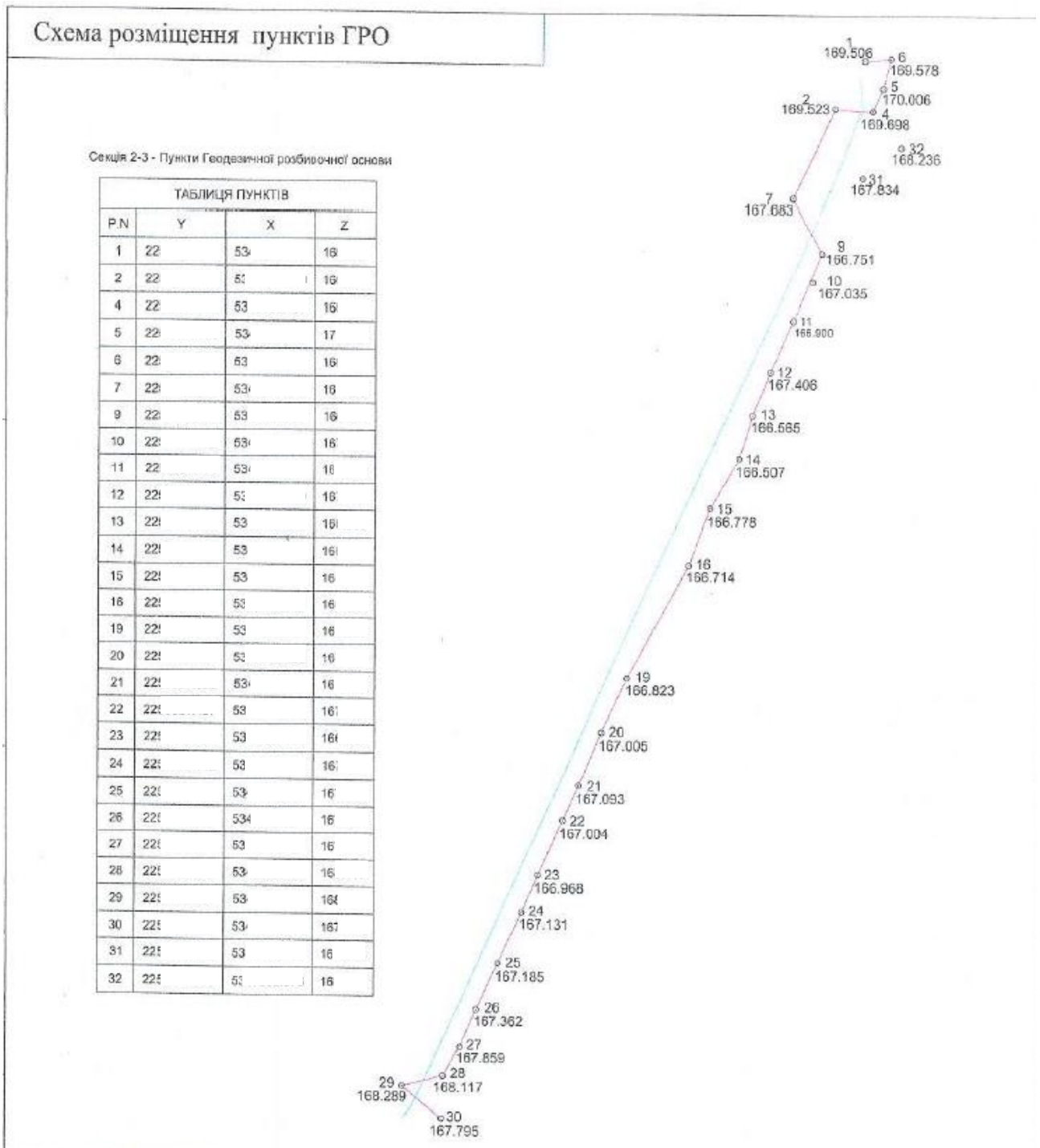


Рис. 7. Схема розміщення пунктів геодезичної розбивочної мережі

На місцевості пункти геодезичної основи закріплюються тимчасовими або постійними знаками — металевими штирями, дерев'яними кілками чи бетонними марками. Перед початком будівництва виконується їх уточнення, прив'язка до державної або міської системи координат, перевірка взаємного положення та складання акта передачі геодезичної основи. Якість і точність розбивочної мережі

визначає точність усіх подальших робіт, тому середні квадратичні похибки координат пунктів не повинні перевищувати 5 см.

Винесення осі трубопроводу в натуру здійснюється електронним тахеометром із точністю не нижче 2". Під час робіт застосовуються методи кутових і лінійних засічок, полярних координат або відкладання від осьових ліній залежно від умов на місцевості. На будівельному майданчику закріплюються точки осі, місця зламів траси, межі траншеї та контрольні створні знаки, за допомогою яких орієнтується техніка під час розробки ґрунту. Перед кожним етапом монтажу проводиться повторне контрольне знімання для перевірки відповідності фактичного положення траншеї проектним параметрам. У разі виявлення відхилень понад допустимі величини (20–30 мм) виконується коригування.

Виконавчі геодезичні роботи проводяться поетапно після завершення кожного конструктивного шару, що дає змогу забезпечити повний контроль точності будівництва. Виконавчі знімання виконуються після:

- розробки траншеї;
- улаштування щебеневої підготовки;
- улаштування піщаної підготовки;
- монтажу трубопроводу;
- виконання обсіпки;
- зворотної засипки.

Під час монтажу фіксуються координати кожного стику труб, їх висота та просторове положення для подальшого внесення у виконавчу документацію.

Для виконання робіт застосовуються електронний тахеометр, GPS-приймач для контролю опорної мережі, нівелір і рейка на етапах визначення відміток, а також програмне забезпечення AutoCAD для формування планів і профілів. Усі вимірювання виконуються в єдиній системі координат, що унеможливорює накопичення систематичних похибок. Перед початком кожного знімання здійснюється орієнтування приладів, перевірка їх технічного стану та контрольне знімання частини точок для оцінки надійності вимірювань.

Отримані дані імпортуються у програмне середовище, де проходять перевірку на наявність грубих помилок, коригуються результатами нівелювання та використовуються для обчислення координат. Контроль точності забезпечується шляхом порівняння кутових і лінійних вимірювань, замикання полігонів, аналізу перевищень та оцінки відповідності допускам. За результатами обробки формується каталог точок, який надалі використовується для побудови планів і профілів.

У середовищі AutoCAD створюються виконавчі креслення — план траси із фактичними координатами, порівняння проектних і реальних відміток, креслення траншеї та підготовчих шарів, а також схема фактичного монтажу стиків трубопроводу. Поздовжній профіль дозволяє оцінити пряму та вертикальну відповідність проекту, правильність ухилів і якість виконаних робіт.

Завершальним етапом є узагальнення результатів та оцінка відповідності будівництва встановленим нормам. Допустимі значення похибок становлять: відхилення осі трубопроводу в плані — до 30 мм, у профілі — до ± 20 мм, товщина підготовчих шарів — ± 10 мм, відмітки поверхні засипки — ± 20 –30 мм. За результатами аналізу геодезичного супроводу фактичні параметри трубопроводу не виходять за межі встановлених норм.

Організація геодезичного супроводу будівництва включала отримання вихідної документації, створення та контроль розбивочної основи, систематичне винесення проектних рішень у натуру, поетапне виконавче знімання, визначення геометрії трубопроводу, обробку виміряних даних, формування креслень і складання підсумкової виконавчої документації. Ретельне виконання цих робіт забезпечило задану точність будівництва, попередило накопичення похибок та гарантувало відповідність фактичного виконання проектним рішенням.

3.3. Геодезичні роботи будівельних етапів та оцінка їх точності

3.3.1. Послідовність будівельних процесів та їх геодезичний контроль

Комплекс геодезичного контролю є ключовим елементом у будівництві напірних трубопроводів великого діаметра, оскільки забезпечує відповідність фактичних параметрів геометрії труб та траншеї проектним даним. У процесі виконання робіт на дослідній ділянці 2ПК3+80,00 – 2ПК4+30,00 було проведено поетапні виконавчі знімання кожного етапу спорудження трубопроводу, що дозволило не лише підтвердити якість робіт, але й виконати порівняльне дослідження точності на всіх стадіях.

Геодезичні вимірювання є основою контролю геометричних характеристик. Без них неможливо визначити глибину траншеї, її рівність, точність формування підготовчих шарів, положення труби та відповідність ухилів. Відсутність такого контролю призводила б до накопичення похибок, появи нерівномірних навантажень, зсувів, порушення герметичності труб і передчасних аварій. Саме тому геодезичний супровід виконується впродовж усього процесу будівництва.

Виконавче знімання розробки ґрунту

Першим етапом було виконання знімання траншеї після завершення розробки ґрунту. Це знімання є ключовою, оскільки визначає геометричні параметри траншеї, від яких залежить можливість правильного формування основи, монтаж труби та подальша стійкість споруди.

На ділянці 2ПК3+80,00 – 2ПК4+30,00 було зафіксовано:

Глибину траншеї, яка в середньому становила 2,5 м, що відповідає проектним параметрам для труб Ø800 мм. Ширину траншеї: 1,60 м по низу та 4,9-5,4 м по верху. Такі показники забезпечують доступ для монтажу та дотримання техніки безпеки. Ухили укосів сягали близько 50°, що вказує на значну нестабільність ґрунтових мас. Особливою особливістю ділянки було надмірне насичення ґрунтів підземними водами. Після розробки траншеї рівень води піднімався до 1,5 м вище проектного дна. Це вимагало постійного відкачування води для можливості виконання монтажних робіт і забезпечення точності знімань.

На основі даних було побудовано поперечний переріз траншеї та сформована повна виконавче геодезична знімання розробки ґрунту в траншеї на ділянці 2ПК3+80,00 – 2ПК4+30,00 (Додаток 1).

Геодезичний контроль на цьому етапі був важливим. Якби траншея була глибшою або мілкішою за проект, це спричинило б нерівномірність навантаження на трубу, порушення проектного ухилу та неможливість забезпечити точність наступних шарів. У разі неправильної ширини було б ускладнено монтаж, а також збільшився б ризик зсувів і обвалів.

На рисунку 8 наведено фрагмент виконавчого знімання, що відображає фактичні позначки траншеї після розробки ґрунту. Візуально на рисунку чітко видно: фактичний контур дна траншеї; точки знімань з нанесеними висотними позначками; ширину траншеї.

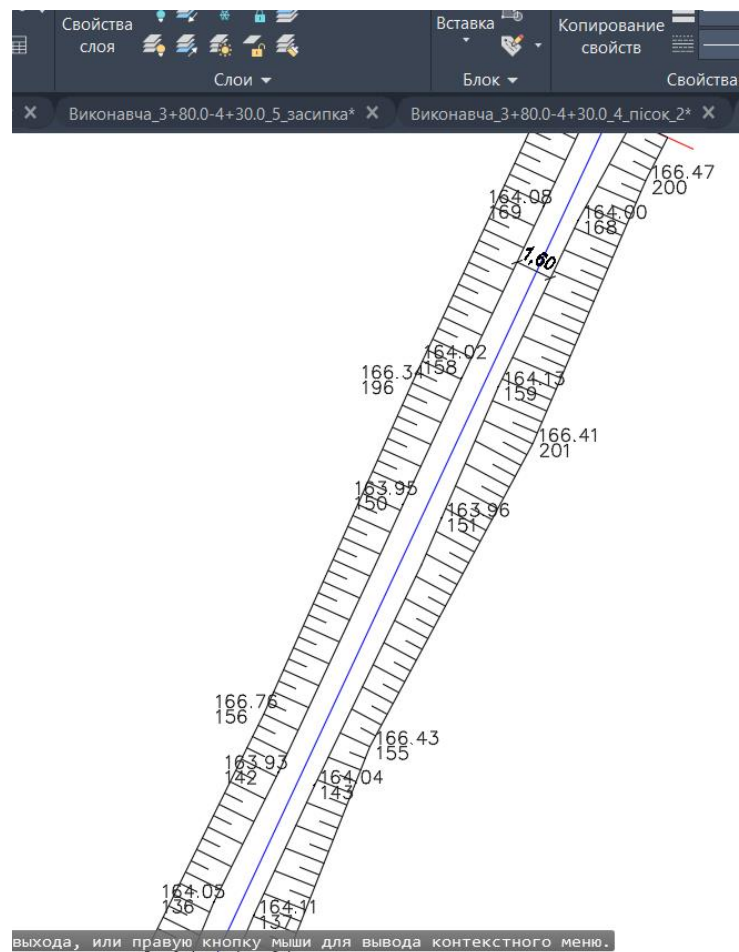


Рис. 8. Фрагмент виконавчого знімання траншеї після розробки ґрунту
(2ПК3+80,00 – 2ПК4+30,00)

Виконавче знімання щебеневої підготовки

Після завершення водозниження та планування дна траншеї влаштовувалася щебенева підготовка товщиною 250 мм. Геодезичне знімання виконувалася відразу після розподілу та ущільнення щебеню з метою перевірки товщини шару, рівності поздовжньої поверхні та відповідності проектному уклону. Фактична товщина коливалася в межах 24,8–25,8 см, відхилення позначок від проектних не перевищували ± 10 мм (допустиме відхилення ± 20 мм за ДБН В.2.5-74:2013, п. 6.14), що значно краще за допустимі ± 20 мм.

У програмі AutoCAD створена поверхня щебеневої підготовки, на яку накладено проектний профіль – це дозволило наочно продемонструвати рівномірність основи та відсутність западин, де могла б накопичуватися вода. Виконавча схема наведена в Додатку 2. Такий контроль критично важливий, адже щебенева підготовка виконує функції дренажу, захисту труби від бокового тиску ґрунту та рівномірної передачі навантаження.

Щебенева підготовка влаштовується з метою створення стійкої, дренажної та рівної основи під трубопровід, яка забезпечує відведення вологи, захист труби від нерівномірного бокового тиску ґрунту та рівномірний розподіл навантаження на ґрунт основи.

Після завершення ущільнення щебеневого шару товщиною 250 мм була виконана контрольна геодезичне знімання. Результати вимірювань (Рис. 9.) підтвердили відповідність фактичної товщини шару проектному значенню з мінімальними відхиленнями (в межах 248–253 мм), а також збереження проектного поздовжнього уклону та відсутність локальних западин.

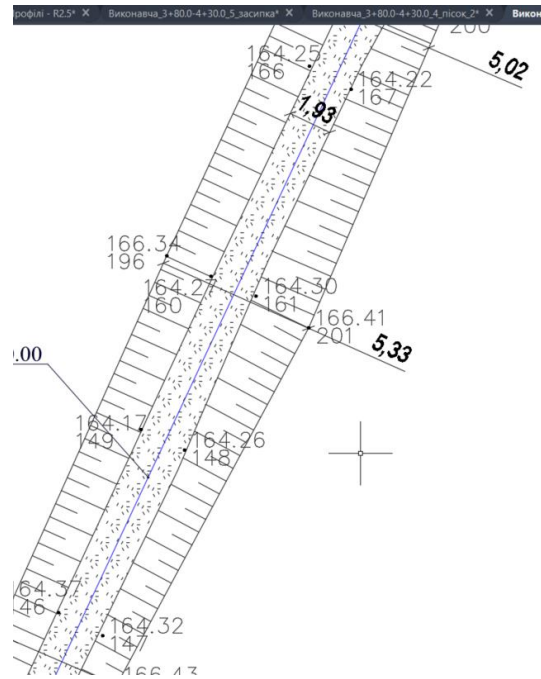


Рис. 9. Фрагмент геодезичних знімів щебеневої підготовки (2ПК3+80,00 – 2ПК4+30,00)

На основі отриманих даних у програмі AutoCAD Civil 3D створено оновлені поперечні перерізи траншеї (Рис. 10) , на яких одночасно відображені фактичні обриси виїмки та поверхня щебеневої підготовки з нанесенням товщини шару 250 мм. Виконавче геодезичне знімання щебеневої підготовки на ділянці 2ПК3+80,00 – 2ПК4+30,00 з поперечним перерізом оформлена у Додатку 2.

Середній переріз щебеневої підготовки

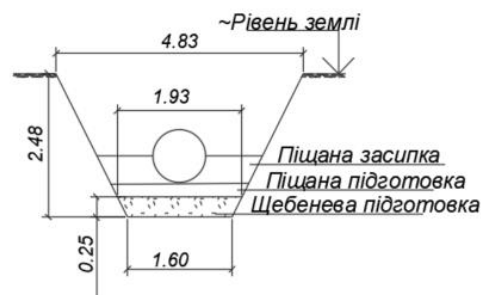


Рис. 10. Середній переріз щебеневої підготовки

Саме геодезичний контроль на цьому етапі є критично важливим: будь-які відхилення товщини або нерівності основи призвели б до точкових навантажень на

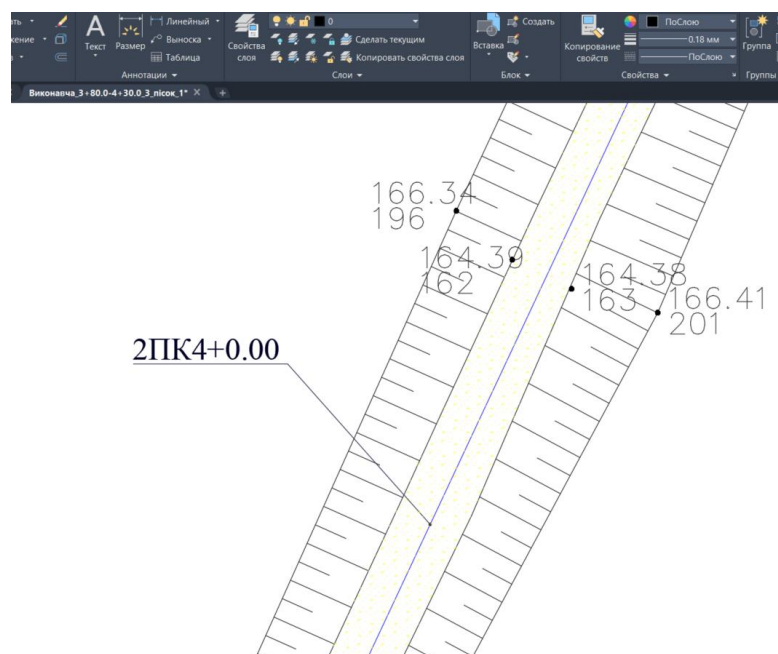
трубу, порушення дренажу та, як наслідок, до появи овальності або просідання трубопроводу в процесі експлуатації.

Виконавче знімання піщаної підготовки

Після завершення влаштування щебеневої підготовки та укриття її поверхні розділювальним шаром геотекстилю (щільність 300 г/м², тип Dornit) було виконано піщану підготовку товщиною 100–150 мм.

Геотекстиль застосовувався з метою запобігання змішуванню фракційного щебеню з піском, збереження дренажних властивостей щебеневого шару та рівномірної передачі навантаження на нижню основу. Лише після ретельного розгортання та фіксації геотекстилю приступали до відсипання та планування середньозернистого піску.

Після остаточного вирівнювання та ущільнення піщаного шару була проведена виконавче геодезичне знімання. Метою контролю було підтвердження фактичної товщини підготовки, забезпечення абсолютної горизонтальності поверхні та точної відповідності проектним відміткам лотка труби. За результатами вимірювань середнє відхилення склало лише ± 10 мм при допустимому ± 20 мм, а всі локальні нерівності понад 15 мм усунуто вручну ще до початку монтажу труб (Рис. 11. – фрагмент геодезичного знімання поверхні піщаної підготовки після укладання геотекстилю).



*Рис. 11. Фрагмент геодезичного знімання поверхні піщаної підготовки
(2ПК3+80,00 – 2К4+30,00)*

Повне виконавче геодезичне знімання піщаної підготовки на ділянці 2ПК3+80,00 – 2ПК4+30, оформлена в Додатку 3.

Такий поетапний контроль, зокрема після укладання геотекстилю, гарантував відсутність западин, збереження проектного уклону та створення ідеально рівної основи під трубопровід, що є обов'язковою умовою для запобігання деформаціям і забезпечення розрахункового терміну експлуатації трубопроводу.

Виконавче знімання монтажу трубопроводу (стики)

Після завершення влаштування всіх підготовчих шарів (щебенева підготовка, геотекстиль та піщана підготовка) на готову основу здійснювався монтаж чавунних труб ВЧШГ DN800 мм. Найвідповідальнішим моментом цього етапу був точний контроль положення кожної труби та особливо стиків, оскільки саме тут найчастіше виникають і фіксуються остаточні відхилення від проекту.

На дослідній ділянці довжиною 50 м було змонтовано 8 чавунних труб та утворено 9 стиків. Кожен стик піддавався детальній геодезичній зйомці, під час якої фіксувалися:

- координати X, Y центру труби;
- висотна відмітка осі труби;
- відстань між сусідніми стиками;
- величина монтажного зазору перед запресовуванням замка;
- відхилення від проектною осі трубопроводу в плані та по висоті.

Стики нумерувалися послідовно від СТ-1 по наскрізній нумерації, в подальшому буде використовуватись в усіх подальших документах: актах на приховані роботи, журналі монтажу та виконавчих схемах. Така ідентифікація необхідна для однозначного визначення будь-якого з'єднання під час експлуатації, діагностики або можливих майбутніх ремонтів.

Результати вимірювань показали, що максимальні відхилення від проектного положення склали лише 10 мм у плані та 18 мм по висоті (допустимо ± 30 мм у плані та ± 50 мм по висоті).

Усі точки знімань були імпортовані в AutoCAD (Рис. 12) ,

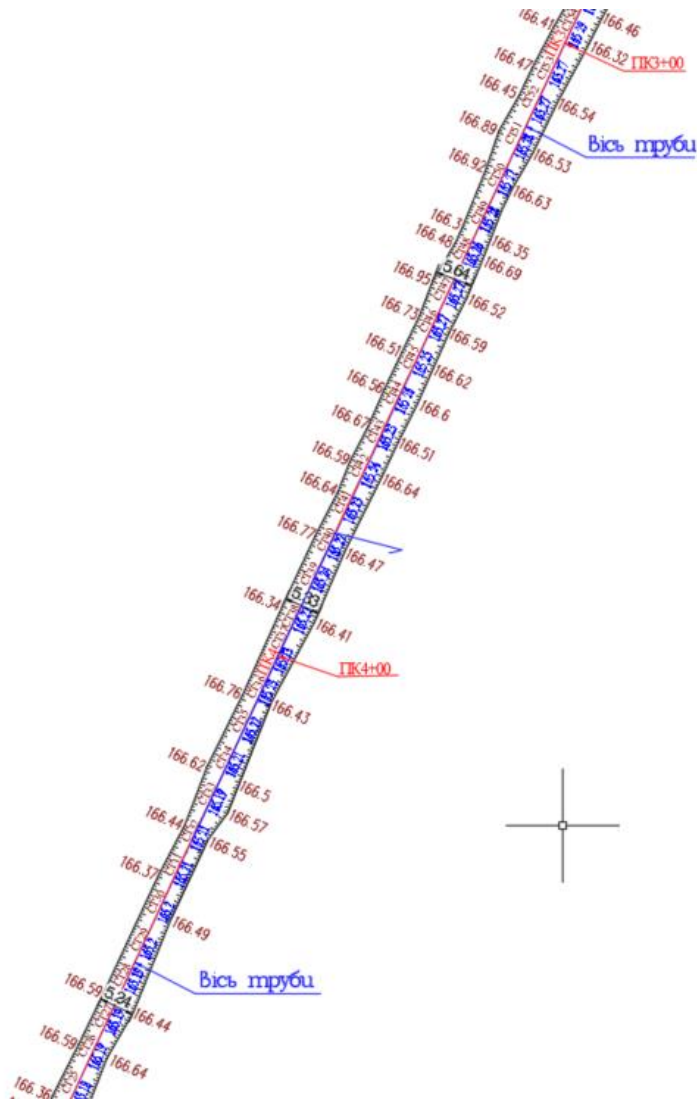


Рис. 12. Фактична вісь трубопроводу

де створено фактичну вісь трубопроводу та виконані такі операції:

- накладання фактичної осі на проектний генплан – відхилення візуально не виявлено, максимальне зміщення становить 10 мм (Рис. 13.);

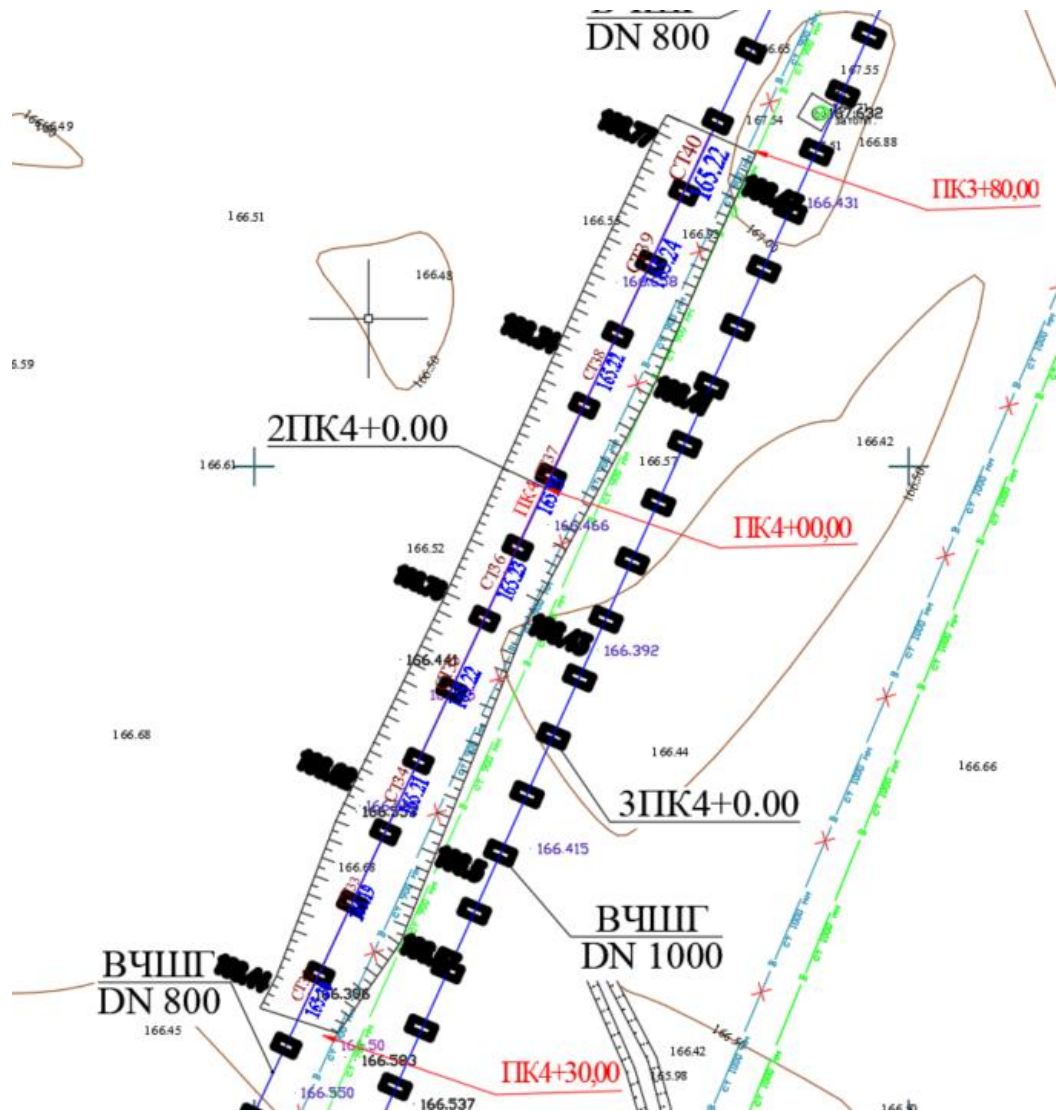


Рис.13. Накладання геодезичного знімання монтажу трубопроводу на проектний генплан

- детальне креслення кожного з 9 стиків із зазначенням координат, відміток, зазору та відхилень — наочно видно повну відповідність проектним значенням (Рис. 14.).

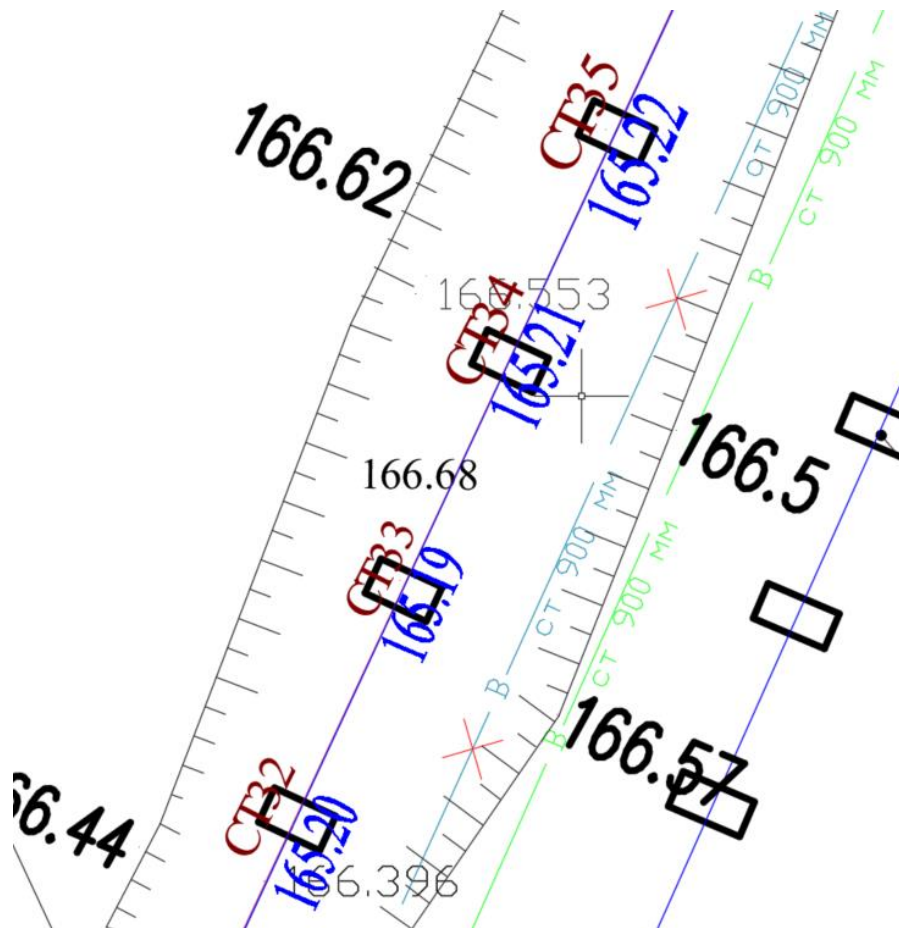


Рис. 14. Порівняння фактичного положення з проектним

На основі цих даних сформована повне виконавче знімання стиків труб водогону на ділянці 2ПК3+80,00 – 2ПК4+30,00 з таблицею координат стиків (Додаток 4).

Виконавча схема стиків є обов'язковим документом для введення об'єкта в експлуатацію, оскільки підтверджує, що геометрія трубопроводу відповідає проекту з точністю, яка гарантує розрахунковий термін служби та відсутність концентрації напружень у з'єднаннях.

Виконавче знімання піщаної обсіпки трубопроводу

Після завершення монтажу чавунних труб, контролю стиків, проведення гідравлічних випробувань на щільність і міцність, розпочинали піщану обсіпку трубопроводу. Обсіпка виконувалася середньозернистим піском шарами товщиною не більше 20–25 см з обов'язковим пошаровим ущільненням віброплитами до коефіцієнта ущільнення не нижче 0,95. Основне завдання цього шару — забезпечити рівномірну передачу всіх зовнішніх навантажень на корпус

труби, усунути точкові навантаження, запобігти появі овальності та поздовжнім деформаціям протягом усього терміну експлуатації.

Геодезичне знімання піщаної обсіпки проводилася після досягнення проєктної позначки піску в пазах траншеї (товщина шару ± 50 см). Під час знімань контролювалися такі ключові параметри:

- симетричність обсіпання відносно осі трубопроводу;
- положення осі труби в плані та по висоті після завершення обсіпання (оскільки при ущільненні можливі незначні зміщення);
- відсутність порожнин і провалів під трубою.

За результатами вимірювань середні відхилення осі трубопроводу від проєктного положення склали не перевищувало 14 мм, що значно краще за нормативно допустиме відхилення ± 20 мм для труб діаметром 800 мм згідно з ДБН В.2.5-74:2013 та СП 86.13330.2014. Це свідчить про високу культуру виконання робіт і про те, що труба залишилася точно в проєктному положенні навіть після інтенсивного ущільнення обсіпки.

Усі точки знімань обсіпки були перенесені в AutoCAD (Рис. 15.). На кресленні чітко видно трасу трубопроводу, відмітки обсіпки піском з двох боків. Додатково побудовано поперечний переріз (Рис. 16.), на якому візуально підтверджується товщина обсіпаного шару піску.

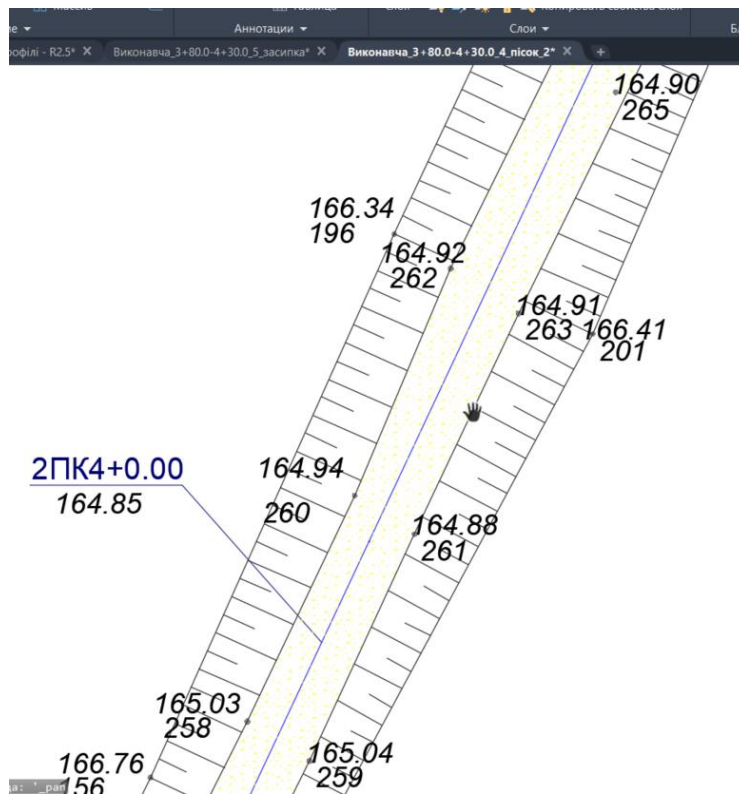


Рис. 15. Фрагмент геодезичного знімань на піщану обсыпку пазух труби піском (2ПК3+80,00 – 2ПК4+30,00)

Середній переріз піщаної засипки



Рис. 16. Середній переріз піщаної засипки пазух труби піском

На основі геодезичних знімань та перерізу траншеї сформована повне виконавче знімання піщаної засипка пазух водогону на ділянці 2ПК3+80,00 –

2ПК4+30,00 (Додаток 5). Цей документ є обов'язковою частиною акта на приховані роботи і підтверджує, що всі вимоги проєкту щодо захисту та фіксації трубопроводу повністю виконані.

Виконавче знімання зворотної засипки

Завершальним етапом будівельно-монтажних робіт стала зворотна засипка траншеї місцевим ґрунтом з обов'язковим пошаровим ущільненням до коефіцієнта не нижче 0,95 у верхній зоні (0–0,5 м від поверхні) та 0,92 у нижній частині. Мінімальна висота надтрубного захисного шару ґрунту згідно з проєктом мала становити 1,20 м до бровки дороги чи планувальної відмітки

Після закінчення засипки та остаточного планування поверхні була виконана заключне виконавче геодезичне знімання, під час якого контролювалися такі параметри:

- відповідність фактичних відміток поверхні землі проєктним планувальним відміткам;
- симетричність засипки відносно осі трубопроводу;
- фактична товщина надтрубного шару ґрунту на всьому протязі ділянки.

За результатами вимірювань відхилення від проєктної поверхні склали від –20 мм до +60 мм (допустиме відхилення ± 50 мм за В.2.5-74:2013 (Трубопроводи)), що повністю відповідає допускам ДБН та вимогам проєкту. Жодних провалів чи западин, які могли б свідчити про недостатнє ущільнення або осідання ґрунту, виявлено не було.

Отримані точки знімань імпортовано в AutoCAD 2024, для порівняння з проєктними проєктом. На перерізі чітко видно повне заповнення виїмки, симетричний профіль засипки та захисний шар ґрунту понад 1,20 м (Рис. 17.).

Середній переріз траншеї



Рис. 17. Середній переріз зворотної засипки траншеї

Саме геодезичне знімання зворотної засипки є остаточним підтвердженням того, що трубопровід захований на необхідну глибину, поверхня готова до подальшого влаштування благоустрою, а всі приховані роботи виконані якісно і можуть бути прийняті замовником та органами технагляду.

На основі цих даних сформована підсумкова виконавче геодезичне знімання зворотної засипки ґрунтом на ділянці 2ПК3+80,00 - 2ПК4+30,00 Додаток 6). Цей документ завершує цикл виконавчої документації на дослідній ділянці та є підставою для підписання акта приймання прихованих робіт по всій прокладеній трасі (50 м).

Обробка геодезичних даних у програмному забезпеченні AutoCAD

Всі виконавчі знімання були оброблені у програмному забезпеченні AutoCAD, яке є стандартом у сфері будівництва й геодезії. Програма дозволила:

- виконати точну візуалізацію траншеї та її елементів;
- отримати відмітки у будь-якій точці моделі;
- створити плани та профілі трубопроводу;
- сформувати поперечні перерізи;

- автоматизувати порівняння фактичних і проєктних параметрів;
- підготувати креслення, що увійшли до даного розділу.

AutoCAD забезпечив можливість коректної інтерпретації вимірювань та їхнього використання для подальшого аналізу.

3.3.2. Аналіз точності геодезичного супроводу

Для об'єктивної оцінки якості геодезичного забезпечення та точності виконання будівельно-монтажних робіт було проведено комплексний порівняльний аналіз проектних і фактичних висотних відміток на всіх технологічних етапах прокладання трубопроводу. Аналіз базується на середніх відмітках, отриманих у результаті виконавчих знімань по осі траси на дослідній ділянці довжиною 50 м та з профілем запроектованого трубопроводу (Рис. 18.) (2ПК7+30 – 2ПК7+80). Результати систематизовано в Таблиці 3.

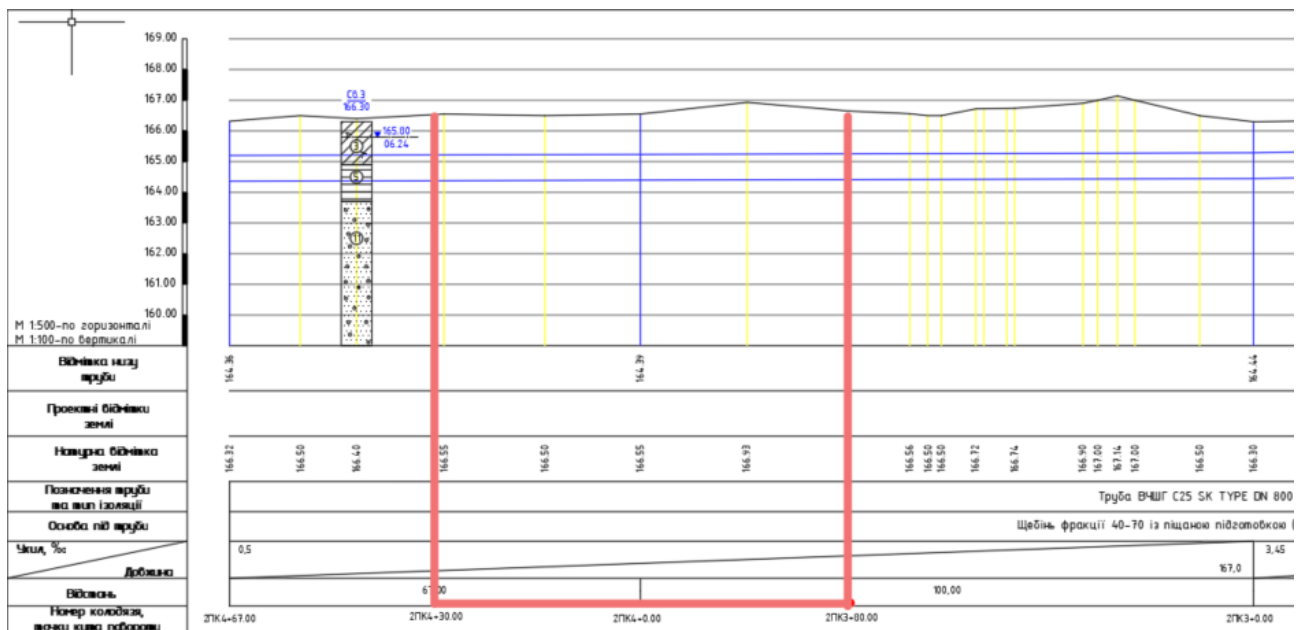


Рис. 18. Фрагмент профілю запроєктованого трубопроводу (2ПК3+80,00 – 2ПК4+30,00)

*Таблиця 3 – Порівняння середніх проектних і фактичних висотних відміток
на ключових етапах прокладання трубопроводу*

№	Проектні відмітки		Фактичні відмітки	
1.	Розробка ґрунту	164,04	Розробка ґрунту	164,03
2.	Щебенева підготовка	164,29	Щебенева підготовка	164,28
3.	Піщана підготовка	164,39	Піщана підготовка	164,38
4.	Монтаж трубопроводу	164,39	Монтаж трубопроводу	164,38
5.	Обсипка пазух труби піском	164,89	Обсипка пазух труби піском	16,89
6.	Зворотня засипка ґрунтом	166,60	Зворотня засипка ґрунтом	166,55

Детальний аналіз по кожному етапу

1. Розробка ґрунту. Фактичне дно траншеї виконано на 10 мм нижче проектного рівня. Таке відхилення є допустимим і навіть бажаним, оскільки дає додатковий запас для влаштування підготовчих шарів і виключає ризик «підвисання» труби в майбутньому.

2. Щебенева підготовка. Відхилення –10 мм (164,28 м замість 164,29 м). Це вдвічі краще за норматив (± 20 мм) і свідчить про високу точність планування та ущільнення щебеню. Така точність гарантує рівномірну передачу навантаження та збереження дренажних властивостей основи.

3–4. Піщана підготовка та монтаж трубопроводу На цих двох етапах середня відмітка осі труби становить 164,38 м при проектній 164,39 м (відхилення –10 мм). Це хороший показник при прокладанні ВЧШГ-труб DN 800. Фактично труба лежить на 1 см нижче проектного рівня, що повністю нівелюється товщиною піщаної підготовки та обсіпки і не впливає на проектний уклон.

5. Піщана обсіпка пазух. Відхилення відсутнє (164,89 м = 164,89 м). Результат підтверджує симетричність і повноту заповнення пазух, відсутність порожнин під трубою та точне збереження положення трубопроводу після ущільнення.

6. Зворотня засипка та відновлення поверхні Фактична планувальна відмітка – 166,55 м при проектній 166,60 м (відхилення –50 мм). Це максимальне

відхилення в таблиці, але воно точно відповідає верхній межі допуску ± 50 мм за ДБН В.2.5-74:2013 та ДБН А.2.2-3-2014. Таке відхилення легко компенсується при подальшому влаштуванні благоустрою і не впливає на експлуатаційні характеристики трубопроводу.

Загальні висновки аналізу

- Усі без винятку відхилення знаходяться в межах нормативних та проектних допусків.
- Максимальне відхилення по висоті на будь-якому етапі не перевищило 50 мм, а на найбільш відповідальних етапах (щебенева та піщана підготовка, монтаж труби) становить лише 10 мм.
- Відхилення по плану (за даними детального знімання стиків) не перевищують 10 мм при допустимих ± 30 мм.
- Накопичення похибок між етапами відсутнє — це свідчить про системний і щоденний геодезичний контроль.

Таким чином, проведений аналіз підтверджує високу ефективність застосованого геодезичного супроводу. Завдяки використанню електронного тахеометра, щоденній прив'язці кожного етапу та обробці даних в AutoCAD фактична геометрія побудованого трубопроводу практично повністю збігається з проектною, а отримані відхилення є мінімальними та технічно несуттєвими. Це гарантує розрахунковий термін експлуатації трубопроводу без позаштатних деформацій і аварійних ситуацій.

Поряд із контролем висотних відміток та положення в плані невід'ємною складовою геодезичного супроводу є точне визначення фактичних об'ємів робіт і матеріалів на кожному етапі. Об'єми розраховувалися в програмному забезпеченні AutoCAD 2022.

Таке об'єктивне підтвердження об'ємів має критичне значення, оскільки:

- дозволяє документально довести повноту виконання прихованих робіт (будь-який недобір чи порожнина відразу зменшує об'єм);
- є підставою для коректного нарахування оплати підряднику за фактично виконані роботи;

- служить додатковим інструментом виявлення прихованих дефектів (перекопи, недостатнє заповнення пазух, нерівності);
- входить до обов'язкового комплексу виконавчої документації та перевіряється технаглядом при підписанні актів форми КБ-2в та актів на приховані роботи.

Результати розрахунків об'ємів на дослідній ділянці довжиною 50 м наведено в Таблиці 4.

Таблиця 4 – Фактичні об'єми робіт та матеріалів, визначені за даними виконавчих геодезичних зйомок

№	Етап робіт	Проектний об'єм (за робочою документацією)	Фактичний об'єм (розраховано за зніманнями)	Примітка
1.	Розробка ґрунту (виїмка траншеї)	382,36 м ³	401,41 м ³	Фактичний об'єм дещо більший через необхідність локальних перекопів у водонасичених ґрунтах та створення запасу під водовідлив
2.	Щебенева підготовка товщиною 0,25 м	20,25 м ³	22,00 м ³	Додатковий об'єм витрачено на вирівнювання окремих западин та забезпечення проектного уклону
3.	Піщана підготовка під трубу (0,10–0,15 м)	8,10 м ³	10,00 м ³	Збільшення об'єму забезпечило рівну поверхню піщаної підготовки
4.	Піщана обсіпка пазух та над трубою	48,36 м ³	52,97 м ³	Збільшення об'єму пов'язане з повним та симетричним заповненням всіх пазух

5.	Зворотна засипка місцевим ґрунтом	285,46 м³	289,39 м³	Незначне збільшення через досипання після осідання ґрунту при пошаровому ущільненні

Отримані дані підтверджують:

- всі приховані роботи виконані в повному обсязі або з технологічно виправданим невеликим запасом;
- відсутні недобори матеріалів і порожнини, які могли б негативно вплинути на несучу здатність і довговічність трубопроводу;
- фактичні об'єми є об'єктивним і незалежним доказом якості, що повністю відповідає вимогам замовника та контролюючих органів.

Таким чином, розрахунок об'ємів безпосередньо за виконавчими зніманнями став додатковим вагомим інструментом контролю, який разом із аналізом висотних відміток і положення в плані остаточно доводить високу точність і повноту геодезичного супроводу на дослідній ділянці.

Висновки до розділу 3

Проведене дослідження геодезичного супроводу прокладання магістрального напірного водогону DN800 мм з високоміцного чавуну з кулеподібним графітом на ділянці ВНС «Шубранець» – РЧВ «Попова» в м. Чернівці (фрагмент 2ПК3+80,00 – 2ПК4+30,00, довжиною 50 м) дозволяє зробити такі основні висновки:

Територія дослідження характеризується складними інженерно-геологічними та гідрогеологічними умовами (високий рівень ґрунтових вод, суглинкові та глинисті ґрунти, заболочені ділянки), що суттєво ускладнює земляні роботи та вимагає посиленого геодезичного контролю на всіх етапах будівництва.

Геодезичний супровід був організований системно та комплексно: створено надійну планово-висотну розбивочну основу, виконано поетапне винесення осі трубопроводу в натуру, забезпечено постійний операційний контроль монтажу та проведено повний цикл виконавчих знімань після завершення кожного конструктивного шару (розробка ґрунту, щебенева та піщана підготовка, монтаж труб, піщана обсіпка, зворотна засипка).

Застосований інструментальний комплекс (електронний тахеометр Topcon GPT-7500, GNSS-приймач Leica GS08 з контролером Leica CS10) та програмне забезпечення AutoCAD забезпечили високу точність вимірювань та швидку камеральну обробку даних, що дозволило оперативно виявляти та усувати навіть незначні відхилення безпосередньо в процесі робіт.

Порівняльний аналіз проектних і фактичних параметрів показав, що максимальні відхилення не перевищили допустимих нормативних значень (ДБН В.1.3-2:2010, ДБН В.2.5-74:2013):

- відхилення осі трубопроводу в плані – до 10 мм (допустимо ± 30 мм);
- відхилення по висоті на ключових етапах (щебенева та піщана підготовка, монтаж труби) – до 10 мм (допустимо ± 20 –50 мм);
- відхилення планувальних відміток після зворотної засипки – до 50 мм (допустимо ± 50 мм).

Накопичення похибок між етапами не виявлено, що свідчить про високу культуру виробництва, щоденний геодезичний контроль та ефективність застосованих методик.

Розрахунок фактичних обсягів робіт і матеріалів за даними виконавчих знімів підтвердив повне виконання прихованих робіт, відсутність недоборів і порожнин, а також технологічно виправдане мінімальне перевищення обсягів підготовчих шарів, що позитивно впливає на довговічність трубопроводу.

Сформований комплект виконавчої геодезичної документації (плани, профілі, поперечні перерізи, каталоги координат стиків, схеми монтажу) повністю відповідає вимогам ДБН, ДСТУ та ЄДЕССБ, є юридично значущим доказом якості виконаних робіт і буде використаний для паспортизації мережі та внесення до міських ГІС.

Отже, геодезичний супровід на дослідженій ділянці виконаний на високому професійному рівні, забезпечив практично повну геометричну відповідність побудованого трубопроводу проектним рішенням і створив надійну основу для безаварійної експлуатації магістрального водогону протягом розрахункового терміну служби (не менше 50 років). Отримані результати можуть бути рекомендовані як зразкові для впровадження при реконструкції та новому будівництві підземних інженерних мереж у складних ґрунтово-гідрологічних умовах.

Висновки

У магістерській роботі виконано комплексне дослідження геодезичного забезпечення прокладання та реконструкції інженерних мереж на прикладі магістрального напірного водогону від ВНС «Шубранець» до РЧВ «Попова». Поставлену мету роботи досягнуто — обґрунтовано, розроблено та практично застосовано сучасну технологію геодезичного супроводу будівельно-монтажних робіт із використанням високоточного вимірювального обладнання, цифрових технологій та програмного забезпечення.

Проаналізовано теоретичні основи геодезичного забезпечення будівництва та реконструкції інженерних мереж. Встановлено, що геодезичний супровід є системоутворюючим елементом будівельного процесу, який забезпечує точність перенесення проєктних рішень у натуру, контроль геометричних параметрів об'єкта, безпеку виконання робіт і довговічність експлуатації мереж. Аналіз нормативно-технічної бази (ДБН, ДСТУ) підтвердив обов'язковість виконання повного комплексу геодезичних робіт та регламентацію допустимих похибок і складу виконавчої документації.

Визначено особливості організації та послідовності геодезичних робіт під час прокладання трубопроводів у міських умовах. Доведено, що ефективний геодезичний супровід має безперервний характер і охоплює всі етапи будівництва — від створення планово-висотної основи до оформлення виконавчої документації, з урахуванням умов щільної забудови та складних інженерно-геологічних факторів.

Надано характеристику об'єкта дослідження та умов його інженерно-геодезичного забезпечення. Ділянка магістрального напірного водогону DN800 мм характеризується складними ґрунтово-гідрогеологічними умовами та високою відповідальністю для системи водопостачання міста, що обумовлює необхідність посиленого геодезичного контролю.

Описано структуру та зміст геодезичного супроводу на етапах розбивочних робіт, монтажу, контролю та виконавчого знімання. Геодезичний супровід

реалізовано як замкнутий цикл, що забезпечив недопущення накопичення похибок і своєчасне виявлення відхилень від проєктних рішень.

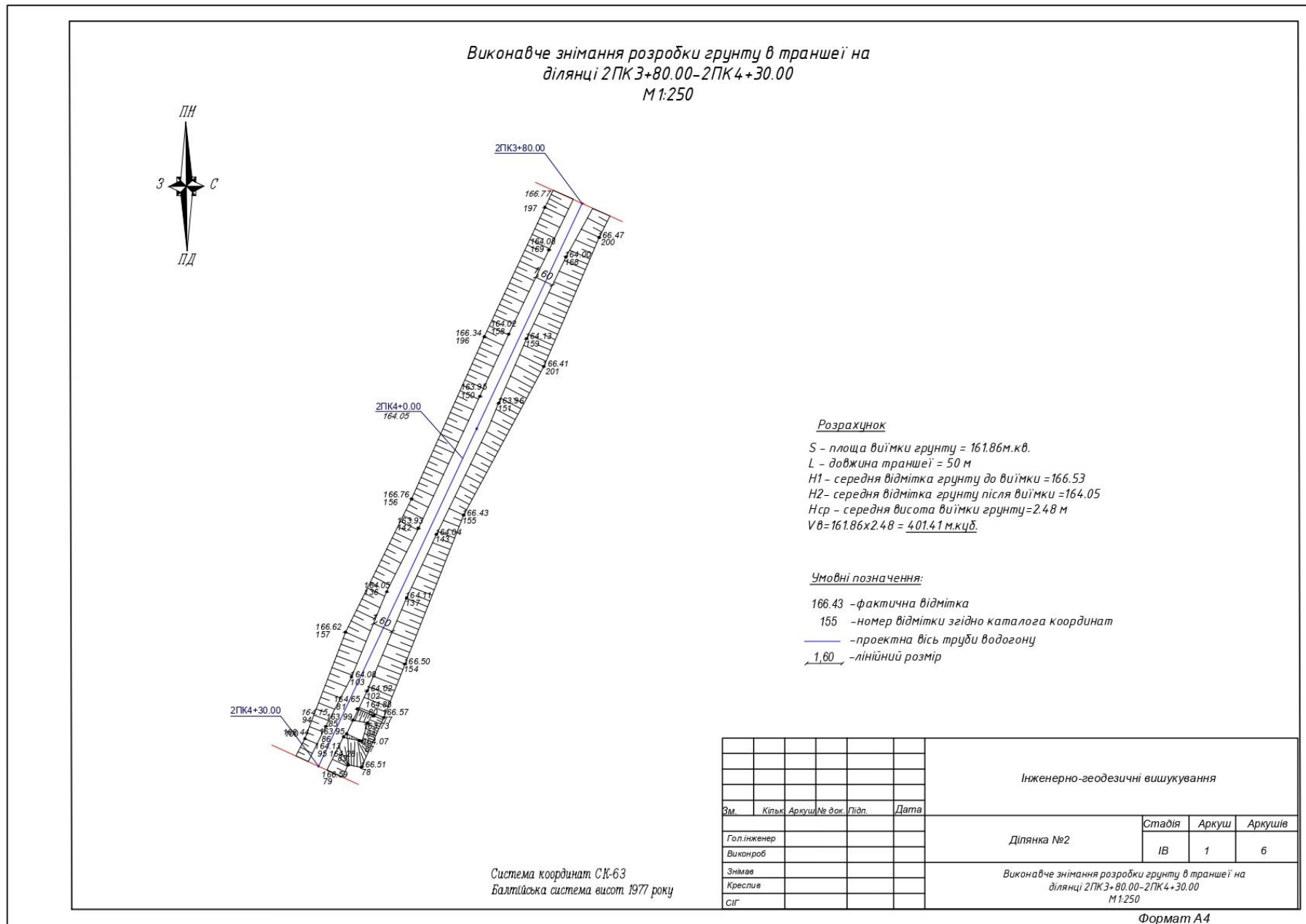
Встановлено технічні та методичні вимоги до точності геодезичних вимірювань. Використання електронного тахеометра Topcon GPT-7500, GNSS-приймача Leica GS08 та програмного забезпечення AutoCAD забезпечило точність вимірювань у межах вимог ДБН, із середніми похибками до 10 мм у плані та по висоті на ключових етапах будівництва.

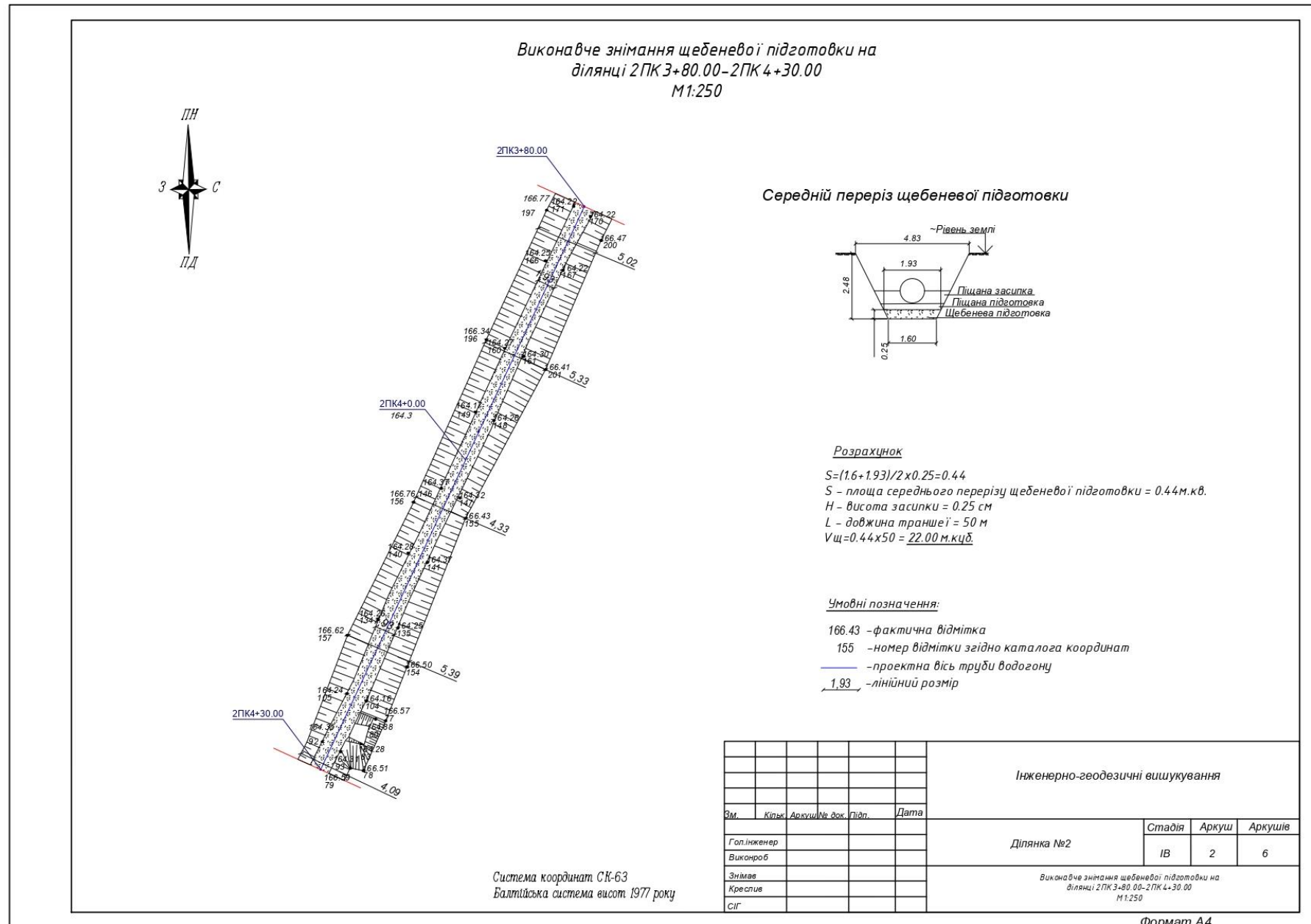
Проведено аналіз точності визначення просторового положення елементів трубопроводу та оцінено відповідність фактичних результатів проєктним даним. Усі зафіксовані відхилення не перевищили допустимих нормативних значень, а відсутність накопичення похибок підтвердила ефективність застосованої методики геодезичного супроводу.

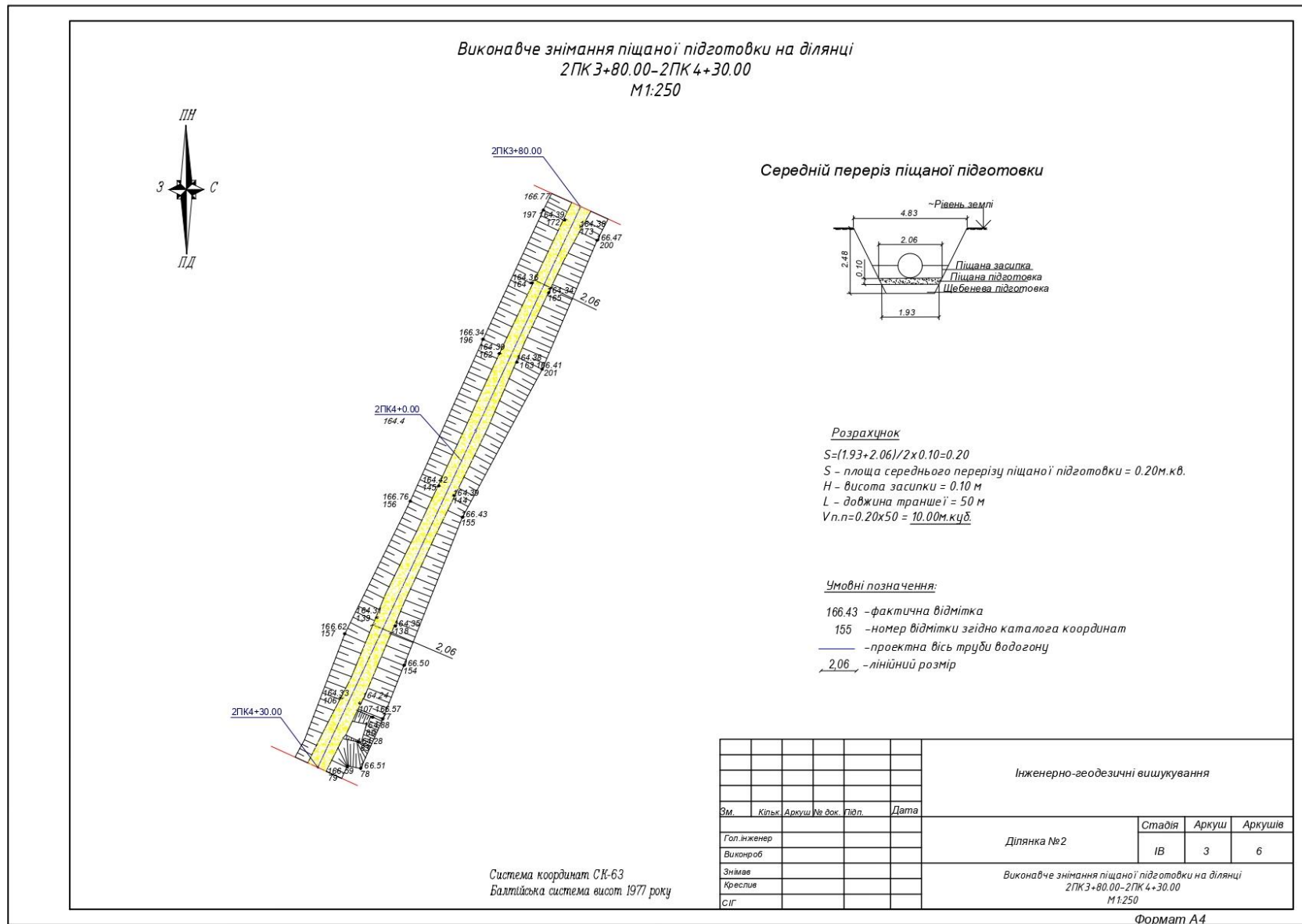
За результатами дослідження сформовано повний комплект виконавчої геодезичної документації, який відповідає вимогам чинних нормативних документів і може бути використаний для введення об'єкта в експлуатацію, паспортизації водопровідної мережі та внесення даних до міських ГІС.

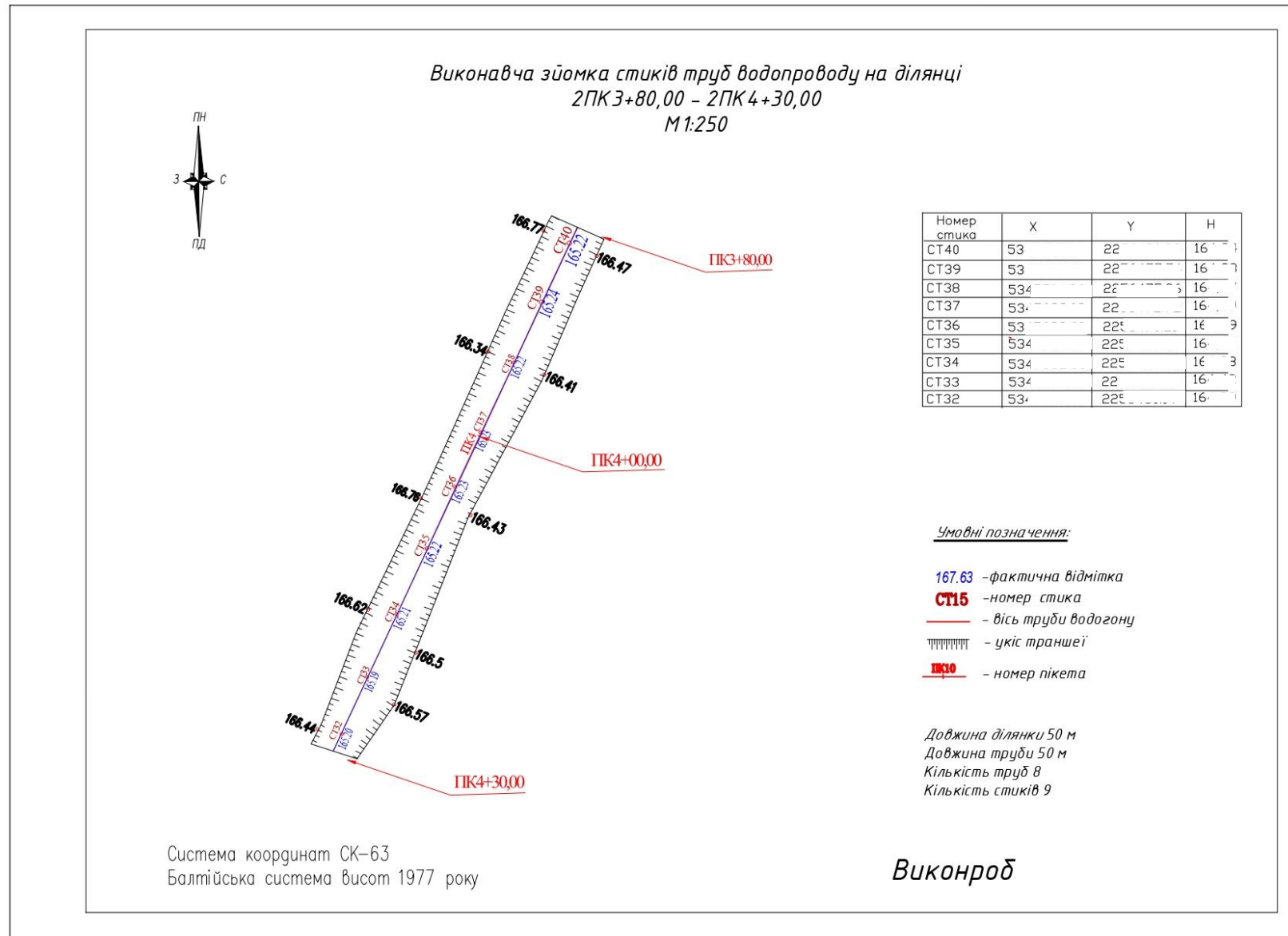
Наукова новизна роботи полягає в систематизації методів геодезичного контролю при реконструкції напірних трубопроводів великого діаметра та використанні GNSS-технологій для оперативного контролю точності. Практичне значення результатів полягає в можливості їх застосування під час виконання геодезичних робіт при реконструкції інженерних мереж, що забезпечує зниження ризиків аварій і формування достовірної виконавчої документації.

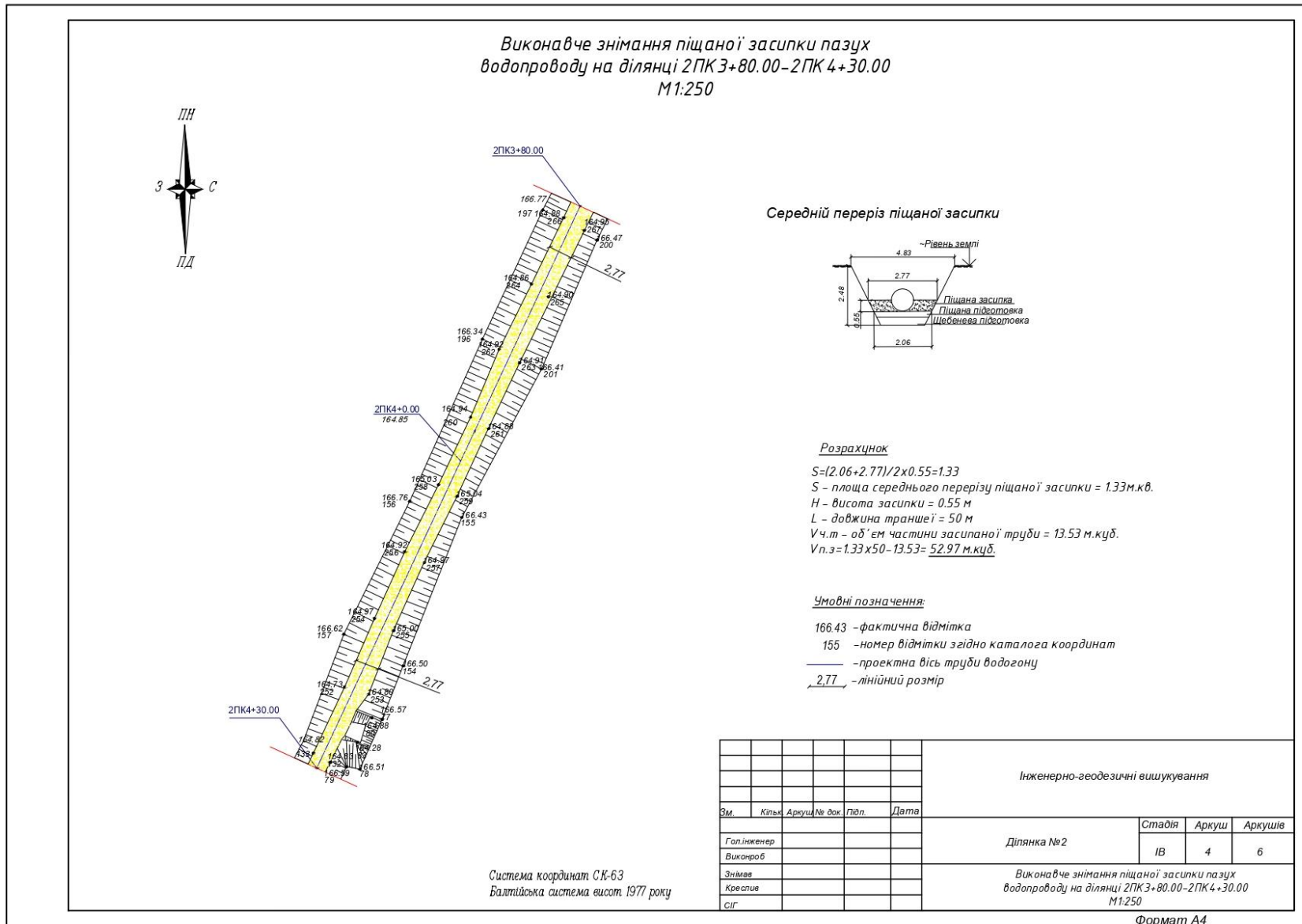
Таким чином, виконана магістерська робота підтверджує, що сучасний комплексний геодезичний супровід є ключовим фактором забезпечення точності, надійності та безаварійної експлуатації підземних інженерних мереж. Отримані результати мають наукову та практичну цінність і можуть бути рекомендовані для впровадження при реконструкції та новому будівництві водопровідних мереж у містах та населених пунктах із подібними інженерно-геологічними умовами.



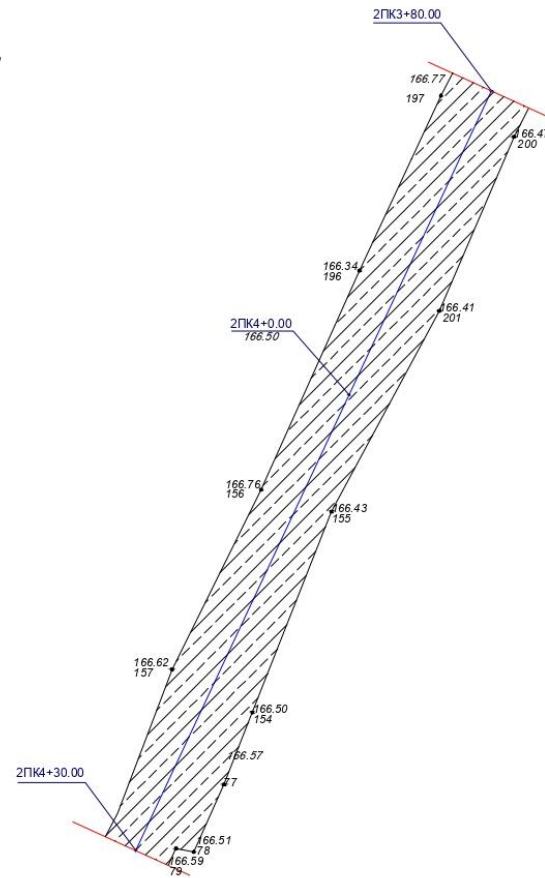




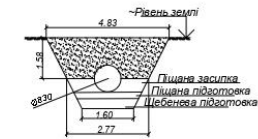




Виконавче знімання зворотньої засипки ґрунтом
на ділянці 2ПК3+80.00-2ПК4+30.00
М 1:250



Середній переріз ґрунтової засипки



Розрахунок

$$S = (2.77 + 4.83) / 2 \times 1.58 = 6.00$$

S - площа середнього перерізу ґрунтової засипки = 6.00 м.кв.

H - висота засипки = 1.58 м

L - довжина траншеї = 50 м

$$V_{ч.т} = 3.14 \times 0.415^2 \times 0.54 / 2 \times 60 = 13.53 \text{ м.куб.}$$

$$V_{ч.т} - \text{об'єм частини засипаної труди} = 13.53 \text{ м.куб.}$$

$$V_{п.з} = 6.00 \times 50 - 13.53 = 286.47 \text{ м.куб.}$$

$$V_{пр.} - \text{об'єм засипаних напрямків} = 2.92 \text{ м.куб.}$$

$$V_{заг.} = 286.47 + 2.92 = 289.39 \text{ м.куб.}$$

Умовні позначення:

166.43 - фактична відмітка

155 - номер відмітки згідно каталога координат

— проектна вісь труди водогону

Система координат СК-63
Балтійська система висот 1977 року

						Інженерно-геодезичні вишукування			
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підп.	Дата				
Гол.інженер						Ділянка №2	Стадія	Аркуш	Аркушів
Виконав							ІВ	5	6
Знімав						Виконавче знімання зворотньої засипки ґрунтом на ділянці 2ПК3+80.00-2ПК4+30.00 М 1:250			
Креслив									
Сіг									

Формат А4

Список використаних джерел

1. Геодезичний супровід будівництва geodet.com.ua
2. Geoplan.com.ua. Геодезичний супровід будівництва [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://geoplan.com.ua>.
3. Ковальчук В. М., Геодезія для будівництва. — Київ: Будівельник, 2018.
4. Петренко О. І., Виконавча зйомка та контроль точності. — Львів: Наукова думка, 2017.
5. ДБН В.1.3-2:2010. Геодезичні роботи у будівництві. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2010.
6. Іваненко С. П., Геодезичний контроль прокладання інженерних мереж. — Чернівці: ЧНУ, 2019.
7. e-construction.gov.ua. Нормативи та рекомендації щодо геодезичних робіт.
8. Сидоренко А. В., Точність розташування трубопроводів та її вплив на експлуатацію. — Харків: СтройТех, 2020.
9. Литвиненко П. М., Інженерні мережі: проектування та монтаж. — Київ: Академвидав, 2018.
10. ivk.net.ua. Геодезичний контроль та проміжна виконавча зйомка
11. buro-ocenki.com.ua. Виконавча документація при будівництві інженерних мереж.
12. plim.erlinar.cx.ua. Геодезичний контроль підземних мереж
13. geotor.com.ua. Вплив геодезичних похибок на експлуатаційну надійність об'єктів.
14. ДБН В.1.3-2:2010 «Геодезичні роботи у будівництві». e-construction.gov.ua
15. Гнатчук С.В. Технологічні аспекти геодезичного супроводу зведення будівель (2023). Доступ: <https://archer.chnu.edu.ua>
16. ДСТУ Б В.2.3-5-97. Геодезичні роботи при будівництві інженерних мереж. — Київ: Держстандарт України, 1997.
17. Мороз О. І. Інженерно-геодезичні вишукування: Монографія. Київ: НАУ, 2017.

18. ДСТУ-Н Б В.1.3-3:2014. Настанова з виконання геодезичних робіт у будівництві. Київ, 2014.
19. Третяк К. Р., Палій В. І. Геодезичне забезпечення будівництва. Київ: КНУБА, 2019.
20. Савчук С. Г. Сучасні геодезичні технології у будівництві. Харків: ХНАДУ, 2021.
21. Наказ Мінрегіону № 45 від 18.02.2016 «Про затвердження Інструкції про порядок здійснення виконавчих зйомок».
22. Баран П. І., Палій В. І. Виконавчі геодезичні зйомки у будівництві. Львів: ЛП, 2020.
23. Мороз О. І., Іванов С. П. Оформлення геодезичної виконавчої документації. Київ: НАУ, 2019.
24. Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» № 353-ХІV від 23.12.1998 (зі змінами).
25. Інструкція з топографо-геодезичних вишукувань і виконавчих зйомок для будівництва. Київ: Держбуд України, 2018.